



ERCIYES

# TARIM VE HAYVAN BİLİMLERİ

ERCIYES JOURNAL OF AGRICULTURE AND ANIMAL SCIENCES

DERGİSİ

ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
Seyrani Ziraat Fakültesi KAYSERİ  
<http://dergipark.gov.tr/ethabd>

Yıl/Year : 2020

Cilt/Volume : 3

Sayı/Number : 2

ISSN : 2651-5334



**Dergi Adı:** Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi  
**Yayıncı:** Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
**Sahibi:** Doç. Dr. İsmail ÜLGER  
**Baş Editör:** Doç.Dr. İsmail ÜLGER, Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
**Periyot:** 6 ayda bir  
**Dil:** Türkçe ve İngilizce  
**Amaç:** Tarım, hayvancılık, gıda ve su ürünleri alanında yazılan makaleler (orijinal araştırma ve derleme) yayınlar.

**Tarandığı**  
**İndeksler:** Google Scholar, DRJI, Dergipark, ASOS

**Yazışma**  
**Adresi:** Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 38039, Melikgazi, KAYSERİ.  
Tel: 0 352 437 17 90  
Fax: 0 352 437 62 09  
e-mail: [erciyestarimvehayvanbilimlerid@gmail.com](mailto:erciyestarimvehayvanbilimlerid@gmail.com)

<http://dergipark.gov.tr/ethabd>

**Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi**

Journal of Erciyes Agriculture and Animal Science

**İmtiyaz Sahibi / Published By**

Doç. Dr. İsmail ÜLGER

**Editörler / Editors**

Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

Doç. Dr. Adem GÜNEŞ

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**

Arş. Gör. İhsan Serkan VAROL

**Sekretarya**

Arş.Gör. Dr. Kevser KARAMAN

Arş. Gör. Dr. Mehmet YAMAN

**Teknik Destek**

Dr. Öğr. Üyesi Mahmut KALİBER

**Yazışma Adresi**

Doç. Dr. İsmail ÜLGER

Erciyes Üniversitesi

Ziraat Fakültesi

38000 Talas / KAYSERİ

**Submission Address**

Assoc. Prof. Dr. İsmail ÜLGER

Erciyes University

Faculty of Agriculture

38000 Kayseri / TURKEY

## İçindekiler / Contents

Effects of Organic Fertilizers Improved Plant Growth and Mineral Content of Lettuce ( <i>Lactuca sativa</i> L.) (Araştırma Makalesi) .....	1-5
Effect of Salt Stres on Germination in Some Snap Bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Genotypes Collected from Erzurum Region (Araştırma Makalesi).....	6-11
Fasulyede ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Farklı Tuz Dozlarının Çimlenme, Tane Verimi ve Verim Özellikleri Üzerine Etkileri (Araştırma Makalesi).....	12-17
Bazı Çavdar ( <i>Secale cereale</i> L.) Genotiplerinin Erzurum Kuru Tarım Koşullarına Adaptasyonu (Araştırma Makalesi).....	18-25
Zehirli Arthropodlar: Akrepler, Örümcekler, Böcekler ve Çıyanlar (Derleme).....	26-31
Bitki Islahında CRISPR/CAS9 Uygulamaları (Derleme).....	32-40

### **Dergi Yayın Kurulu/ Editorial Board**

İsmail ÜLGER	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Mahmut KAPLAN	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Adem GÜNEŞ	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Aydın UZUN	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Ramazan CANHİLAL	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Ali ÜNLÜKARA	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Kevser KARAMAN	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Semih YILMAZ	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Satı UZUN	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Osman SÖNMEZ	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Yusuf KONCA	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Zeki GÖKALP	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Türkiye
Erdal YILMAZ	Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi	Türkiye

## Bilim Kurulu

Ali İrfan İLBAŞ	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Osman GÜLŞEN	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Halit YETİŞİR	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Doğın IŞIK	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Sibel SİLİCİ	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Mustafa BAŞARAN	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Soner SOYLU	Mustafa Kemal Üniversitesi
Sevgi ÇALIŞKAN	Niğde Halis Demir Üniversitesi
Ahmet ULUDAĞ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Güngör YILMAZ	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Bajram BERISHA	Physiology Weihenstephan, Technische Universität München, Freising, Germany
Skender MUJI	Faculty of Agriculture and Veterinary, University of Prishtina, Republic of Kosova
Cevdet SAĞLAM	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Serkan ŞAHAN	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Çağrı Çağlar ÖZKAN	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Mehmet Ulaş ÇINAR	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tugay AYAŞAN	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Fatih Törnük	Yıldız Teknik Üniversitesi
Abdollah Mohammadi SANGCHESHME	University of Tehran, Department of Animal Science and Poultry, College of Aboureyhan
Erman BEYZİ	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Ali İhsan ATALAY	Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Halil İbrahim ÖZTÜRK	Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Madalina Albu KAYA	Collagen Department, Leather and Footwear Research Institute, Bucharest, Romania

**Bu Sayının Hakemleri / Referees of This Issue**

Atilla DURSUN	Atatürk Üniversitesi
Hamdi ÖZAKTAN	Erciyes Üniversitesi
Satı UZUN	Erciyes Üniversitesi
Halil KÜTÜK	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Esengül ÖZDEMİR	Ankara Üniversitesi
Nihat YILMAZ	Erciyes Üniversitesi
Firdes ULAŞ	Erciyes Üniversitesi
Halil İbrahim ÖZTÜRK	Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Hasan PINAR	Erciyes Üniversitesi
Kahraman GÜRCAN	Erciyes Üniversitesi



## **Effects of Organic Fertilizers on Plant Growth, Yield and Mineral Content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.)**

Araştırma Makalesi

Melek EKİNCİ<sup>1</sup>, Raziye KUL<sup>1</sup>, Metin TURAN<sup>2</sup>, Ertan YILDIRIM<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Erzurum-Turkey

<sup>2</sup> Yeditepe University, Engineering Faculty, Department of Genetics and Bioengineering, Istanbul, Turkey

\*sorumlu yazar: [ertanyil@atauni.edu.tr](mailto:ertanyil@atauni.edu.tr)

### **Yayın Bilgisi**

Geliş Tarihi: 10.09.2020

Revizyon Tarihi: 21.09.2020

Kabul Tarihi: 09.10.2020

### **Keywords**

Lettuce, plant growth, mineral content, nitrate

### **Anahtar Kelimeler**

Marul, bitki gelişimi, mineral içerik, nitrat

### **Abstract**

The effects of two different organic fertilizers, which differ ratio according to the NPK content, on plant growth, yield and mineral content in lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Yedikule) were examined in this study. In addition, nitrate contents were determined. The study was conducted as a pot experiment in the greenhouse conditions, and two organic fertilizers named CombiPower® (8-8-8) and SuperPower® (10-25-0) were used. Chlorophyll reading value, stem diameter, plant height, number of leaves, vitamin C, root and plant fresh and dry weights and mineral contents of leaf and roots were examined in lettuce. Organic fertilizers used in the study increased chlorophyll reading value, stem diameter, plant height, leaf number, vitamin C, plant fresh weight, plant dry weight, root fresh weight and root dry weight compared to the control with ratio of 43-69%, 71-75%, 79-85%, 41-46%, 136-165%, 261-412%, 147-185%, 64-100% and 33-67%, respectively. In addition, it was determined that the mineral contents increased with fertilizers in plant leaves and roots. With applications, an increase in root and leaf nitrate content has also occurred compared to control, but this increase was not at critic levels. It is thought that the fertilizers used in this study may have important benefits in terms of plant growth and yield in lettuce cultivation.

### **Marulda organik gübre kullanımı: bitki gelişimi ve mineral madde içeriği üzerine etkisi**

### **Özet**

Bu çalışmada, NPK içeriğine göre oran farklılığı gösteren iki farklı organik gübrenin marulda (*Lactuca sativa* L. cv. Yedikule) bitki gelişimi ve mineral madde ve nitrat içeriği üzerine etkileri incelenmiştir. Sera koşullarında saksı denemesi olarak yürütülen çalışmada, CombiPower® (8-8-8) ve SuperPower® (10-25-0) isimli iki organik gübre kullanılmıştır. Marulda yaprak klorofil okuma değeri, gövde çapı, bitki boyu, yaprak sayısı, C vitamini, kök ve bitki taze ve kuru ağırlıkları ile yaprak ve köklerin mineral içerikleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan organik gübreler, kontrole göre klorofil okuma değeri, gövde çapı, bitki boyu, yaprak sayısı, C vitamini, bitki taze ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kök taze ağırlığı ve kuru kök ağırlığını sırasıyla % 43-69, % 71-75, % 79-85, % 41-46, % 136-165, % 261-412, % 147-185, % 64-100 ve % 33-67 oranında artırdı. Ayrıca, bitki yaprak ve köklerinde gübreler ile mineral içeriklerinin arttığı tespit edilmiştir. Uygulamalar ile kontrole göre kök ve yaprak nitrat içeriğinde de artış meydana gelmiş ancak bu artış kritik düzeyde olmamıştır. Bu çalışmada kullanılan gübrelerin marul yetiştiriciliğinde bitki gelişimi ve verimi açısından önemli faydaları olabileceği düşünülmektedir.



## 1. INTRODUCTION

The fertilizers used in vegetable growing increase yield and production in important levels. However, the use of excess fertilizer in agriculture, especially chemical fertilizers, causes the increase in the level of pollutants, the decrease in soil fertility, the increase in soil and groundwater pollution and increase in nitrate concentration of vegetable leaves (Parante et al., 2006; Hernandez et al., 2010; Saleh et al., 2010). However, today, organic farming and the use of fertilizers according to the crop needs in agriculture can cause these problems to be alleviated.

Vegetables occupy an important place in human nutrition especially in terms of mineral substances and vitamins they contain. It is stated that vegetables can provide more than 70-85% of daily nitrate intake (Premuzic et al., 2004; Gangolli et al., 1994). Especially leafy vegetables as lettuce are known to accumulate more nitrates. Although it has a short growing period, high nitrate intake occurs due to the need for high doses of N in lettuce (Pôrto et al., 2008; Chiesa et al., 2009; Saleh et al., 2010; Parente et al., 2006).

In the other hand, excessive nitrate has harmful effects for human health and environment. Increasing demand for agricultural products that do not contain chemical residues enabled production models to reduce this problem in production. N doses suitable for lettuce cultivation or organic production systems should be preferred to prevent nitrate accumulation (Pôrto et al., 2008).

Optimal fertilization application and use of N, P and K have important to increase yield and quality of agriculture crops, and decreased production costs (Zandvakili et al., 2019a). Lettuce positively responds to organic matter in soil. Lettuce grows fast in soils rich in organic matter and reaches harvest maturity in a short time (Vural et al., 2000). It has been reported that inorganic fertilization causes three times more nitrate accumulation in lettuce and salads than organic fertilization (Özgen et al., 2011). In addition, the physical and chemical structure of the soil can be improved by increasing microorganism activities with the use of organic fertilizers (Özer 2016). Therefore, the use of organic fertilizers besides chemical fertilizers in lettuce cultivation should be expanded (Kibar, 2018). In this study, the effects of two different organic fertilizers according to the amount of NPK in their content on the plant growth and the mineral content in lettuce were investigated, and the effects of these fertilizers in terms of nitrate content of plant were examined.

## 2. MATERIALS AND METHODS

The study was carried out as a pot study in the greenhouse. The study was conducted under controlled greenhouse conditions (natural light conditions, approximate day/night temperatures of 32/19°C, and 45% relative humidity) during the spring of 2019. In the study, lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Yedikule) was used as plant material. The effects of two different organic

fertilizers [CombiPower® -CP (total N: 8%, urea N: 5%, soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in water: 8% and soluble K<sub>2</sub>O in water: 8%) and SuperPower®-SP (total N: 10%, urea N: 10%, soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in water: 25%)] were examined.

Seeds were sown in multiple seedling pots with peat, then three true leaf seedlings were transplanted to 9 L plastic pots filled with mixture of soil:sand (2:1, v:v). The pots were placed randomly in the greenhouse. The study was done using a factorial experiment in a randomized plot design with three replications and 4 plants each in pots.

Fertilizer applications were started after planting seedlings. Applications were made in irrigation with prepared solutions (5 ml L<sup>-1</sup>) every two weeks. Chlorophyll reading value (SPAD) was measured before the plants were harvested, then various measurements (stem diameter, plant height, leaf number, vitamin C, plant fresh and dry weight, root fresh and dry weight) were made during harvest.

The leaf greenness of the tomato plants for chlorophyll reading value (CRV) was determined by a portable chlorophyll meter (SPAD-502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japan).

Ascorbic acid (Vitamin C) content in samples was quantified with a Merck reflectometer set (Merck RQflex). After the plant leaf and root samples were dried at 65°C, they were used for mineral analysis. To determine the total N, Kjeldahl method was used with a Vapodest 10 Rapid Kjeldahl Distillation Unit (Gerhardt, Königswinter, Germany). To determine the mineral (P, K, Ca, Mg, S, Na, Mn, Fe, Cu, Cl and B) concentrations of leaves and roots was used an inductively coupled plasma spectrophotometer (Optima 2100 DV; Perkin-Elmer, Shelton, CT) and were done according to methods of Bremner (1996), Mertens, (2005a; 2005b). The nitrate content of leaf and root of plant were determined to methods of AOAC (2005). The SPSS program was used to evaluate the measured data (SPSS, 2010). The differences among the means were compared using the Duncan multiple tests (DMRT).

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

In the study, the effects of treatments on plant growth in lettuce were statistically significant (Table 1). Applications increased chlorophyll reading value (SPAD) compared to control, the highest SPAD was obtained from CP. While the highest stem diameter and vitamin C were in CP application, the highest plant fresh and dry weight and root fresh and dry weight was obtained in SP application. Also plant height and leaf number increased with fertilizers. All fertilizers increased chlorophyll reading value, stem diameter, plant height, leaf number, vitamin C, plant fresh weight, plant dry weight, root fresh weight and root dry weight compared to the control with ratio of 43-69%, 71-75%, 79-85%, 41-46%, 136-165%, 261-412%, 147-185%, 64-100% and 33-67%, respectively. Organic fertilizer has important effects on plant growth and production. CP and SP with organic characters increased plant growth of lettuce.

**Table 1.** Effects of fertilizer on some plant growth parameters of lettuce

Fertilizer	Chlorophyll reading value (SPAD)	Stem diameter (mm)	Plant Height (cm)
Control	19,53 c*	6,56 b	10,33 b
CP	33,10 a	11,50 a	18,54 a
SP	27,97 b	11,20 a	19,15 a
	P<0,001	P<0,01	P<0,001
	Leaf number	Vitamin C (mg/100g)	Shoot fresh weight (g/plant)
Control	14,43 b	156,67 c	16,46 c
CP	20,28 a	415,00 a	59,41 b
SP	21,00 a	370,00 b	84,25 a
	P<0,01	P<0,001	P<0,001
	Shoot dry weight (g/plant)	Root fresh weight (g/plant)	Root dry weight (g/plant)
Control	1,56 c	2,89 c	0,33 c
CP	3,85 b	4,75 b	0,44 b
SP	4,44 a	5,79 a	0,55 a
	P<0,001	P<0,001	P<0,001

\*Data followed by a different letter in column were different according to DMRT (P<0,001).

**Table 2.** Effects of fertilizer on mineral content of lettuce

Fertilizer	Leaf		Root		Leaf		Root	
	N (%)		P (%)		K (%)			
Control	2,44 b*	1,16 b	0,25 b	0,11 b	1,14 b	0,51 c		
CP	3,78 a	1,69 a	0,38 a	0,18 a	2,38 a	1,00 a		
SP	3,54 a	1,59 a	0,36 a	0,16 a	1,95 a	0,88 b		
	P<0,001	P<0,001	P<0,01	P<0,001	P<0,01	P<0,001		
	Mg (%)		S (%)		Ca (%)			
Control	0,88 b	0,40 b	0,84 b	0,38 b	1,08 c	0,49 c		
CP	1,17 a	0,52 a	1,23 a	0,55 a	1,42 a	0,65 a		
SP	1,11 a	0,50 a	1,25 a	0,56 a	1,31 b	0,59 b		
	P<0,001	P<0,001	P<0,001	P<0,001	P<0,001	P<0,001		
	Mn (ppm)		Fe (ppm)		Cu (ppm)			
Control	16,67 b	7,33 b	35,00 c	15,70 b	9,00	4,04 b		
CP	21,67 a	10,60 a	41,67 b	18,69 b	11,33	4,65 b		
SP	24,33 a	11,25 a	49,00 a	22,28 a	12,00	5,72 a		
	P<0,01	P<0,01	P<0,001	P<0,01	P>0,05	P<0,01		
	Cl (ppm)		B (ppm)		Na (ppm)			
Control	137,67 b	61,75 b	17,00 b	7,29 b	146,00 b	65,49 b		
CP	165,67 ab	70,98 b	35,00 a	16,03 a	230,00 a	103,16 a		
SP	185,67 a	83,28 a	39,00 a	17,49 a	248,33 a	111,39 a		
	P<0,05	P<0,01	P<0,001	P<0,001	P<0,05	P<0,001		

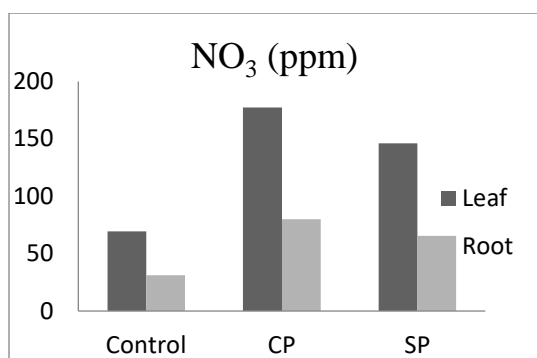
Similarly, Smith and Hadley (1989), Mohammed et al. (2019), Zandvakili et al. (2019a; 2019b) and Manojlovic et al. (2010) reported that organic fertilizer increased vegetative growth of lettuce in their study.

There were statistically significant increases in mineral matter content in lettuce leaves and roots (Table 2). In addition, leaf mineral content is higher than in roots. Increases in leaf N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Mn, Fe, Cu, Cl and B content with applications were 45-55 %, 44-52 %, 71-109 %, 21-31 %, 26-33 %, 46-49 %, 58-70 %, 30-46 %, 19-40 %, 26-33 %, 20-35 % and 106-129 %

respectively, compared to control. On the other hand, root N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Mn, Fe, Cu, Cl and B increased ratio of 37-46 %, 45-64 %, 73-96 %, 20-33 %, 25-30 %, 45-47 %, 57-71 %, 45-53 %, 19-42 %, 15-42 %, 15-35 % and 120-140 % respectively, compared to control. Leaf and root nitrate contents were also higher with fertilizer applications with 111-156 % and 109-155 % ratios compared to control (Figure 1). N, P, K, Ca and Mg content of leaf and root were high in CP, while S, Na, Mn, Fe, Cu, Cl and B were in SP fertilizer. But both fertilizers were in same statistically group according to

statistically analysis. Zandvakili et al. (2019a; 2019b) reported that organic fertilizer increased in total N of lettuce and gave the height P accumulation and increase the other mineral matter in leaf of lettuce.

**Figure 1.** Effects of fertilizer on NO<sub>3</sub> content of lettuce



It is a fact that fertilizers have an important effect on vegetable cultivation. Today, many chemical and organic fertilizers obtained from many different sources on the market are used for this purpose. However, it is well known that chemicals especially used in agriculture as the cause of increasing environmental pollution and some diseases in recent years. Therefore, fertilizers used in agricultural production are also desired to be effective and most importantly reliable. In addition, instead of unconscious fertilizing, fertilization applications should be provided according to the plant need. It is aimed to give sufficient amount of mineral substances needed by the plant and to prevent excessive use of mineral substances and fertilizers. There are two different organic fertilizers used in this study, both of which have had a positive effect on lettuce. Of these, CP that has a lower rate of NPK content showed a similar effect with another fertilizer, SP.

Similarly, it has been determined that lettuce plant growth and yield were higher in different fertilizers especially with high N content (Smith and Hadley, 1989; Parente et al., 2006; Pavlou et al., 2007; Chiesa et al., 2009; Oliveira et al., 2009; Hernandez et al., 2010; Barros Júnior et al., 2011; Zandvakili et al., 2019a). The content of vitamin C (ascorbic acid) was higher with fertilizers compared to the control. Similarly, Chiesa et al. (2009) determined that ascorbic acid content of lettuce grown in fall-winter season increased with vermicompost and urea fertilizers, which have the highest N level especially. On the other hand, the researchers stated that chemical fertilizer decreased ascorbic acid content of lettuce independently of the N level in spring season.

Nitrate content of lettuce leaf and root increased with fertilizers, but this increase was below the upper limits stated by the European Commission (3000-5000 mg NO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup> for protected and open-grown *Lactuca sativa* L. (European Union, 2011). It can be said that the fertilizers used in this study do not cause excessive nitrate accumulation. Similarly, Parente et al. (2006) reported that nitrogen fertilization increased the nitrate content in leaves of lettuce but this nitrate levels were below the

limits. It was determined that nitrate content on leaf, stem and root of lettuce increased linearly with nitrogen and manure fertilization in other study (Pôrto et al., 2008). As a matter of fact, it is known that the fertilizers used can affect the nitrate content of the crop. Pavlou et al. (2007) and Chiesa et al. (2009) stated that nitrate concentration in lettuce leaves depends on fertilizer type and dose and growing season. It was expressed that organic fertilizers regulate the nitrate content of lettuce (Manjlovic et al., 2010).

With the fertilizers used in the study, significant increases have occurred in both leaf and root mineral material content. In parallel with these increases, plant development has also increased. Similarly, Hernandez et al. (2010) determined that the content of lettuce leaf N and K varies with the application of urea, and that the content of leaf Ca, Mg and Mn increases with organic fertilizers. In addition, researchers determined that high Mg, Fe, Zn and Cu occur in lettuce leaves with vermicompost application and lower Na content compared to compost. As a result, organic fertilizers used in the study increased the growth of seedlings in lettuce with the increase in plant mineral matter content.

#### 4. CONCLUSION

In the study, two organic fertilizers that differ in NPK content were used, and the increasing effects of fertilizers on lettuce in terms of plant growth and mineral content were determined. The increase in nitrate caused by N fertilization in lettuce has also occurred with these fertilizers, but this increase has been very below the critical limit. In order to prevent excessive use of fertilizers (especially chemical fertilizer) in agricultural production, it is useful to apply the nutrients needed by the plant in the required amount. Therefore, more care should be taken in the use of organic or inorganic fertilizers. It is thought that the fertilizers used in this study may be beneficial in terms of yield and quality in lettuce production. It can also be preferred as a good nutrient source in organic production of lettuce.

#### REFERENCES

- AOAC, 2005. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Editor: Helrich, K, Washington, DC.
- Barros Júnior, A.P., Cecilio Filho, A.B., Rezende, B.L.A., Pôrto, D.R.Q., and Prado, R.M., 2011. Nitrogen fertilization on intercropping of lettuce and rocket. *Horticultura Brasileira* 29: 398-403.
- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen—total, in: D.L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part III. Chemical Methods*, 2nd ed. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, 1996, pp. 1085–1122.
- Chiesa, A., Mayorga, I., and León, A., 2009. Quality of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa* L.) as affected by lettuce genotype, nitrogen fertilization and crop season. *Advances in Horticultural Sciences* 23(3): 143-149.
- European Union. 2006. Commission regulation (EU) No 1258/2011. 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*.

- Gangolli, S. D., van den Brandt, P. A., Feron, V. J., Janzowsky, C., Koeman, J. H., Speijers, G. J., Spiegelhalter, B., Walker, R., and Wisnok, J. S, 1994. Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *European Journal of Pharmacology* 292 (1): 1-38.
- Hernandez, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., Lopez, J., and Sanchez, E., 2010. Effect of vermicompost and compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(4): 583-589.
- Kibar, B., 2018. Marulda Bitkisel Özellikler, Bazı Kalite Özellikleri ve Elementler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*. 4 (2): 149–160.
- Manjlovic, M., Cabilovski, R., and Bavec, M., 2010. Organic materials: sources of nitrogen in the organic production of lettuce. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 34: 163-172.
- Mertens, D., 2005a. Plants preparation of laboratory sample, in: W. Horwitz, G.W. Latimer (Eds.), *Official Methods of Analysis, 18th ed.* Gaithersburg, MD, USA: AOAC, pp. 1–2.
- Mertens, D., 2005b. Metal in plants and pet foods, in: W. Horwitz, G.W. Latimer (Eds.), *Official Methods of Analysis. 18th ed.* Gaithersburg, MD, USA: AOAC, pp. 3–4.
- Mohammed, O.O., Saleh, M.A., and Mandour, M.A., 2019. Effect of different sources of organic fertilizers on vegetative growth, yield and storability of lettuce plants. *Egypt Journal of Agricultural Research* 97(2): 685-703.
- Oliveira, N.L.C., Puatti, M., Santos, R.H.S., Cecon, P.R., and Rodrigues, P.H.R., 2009. Soil and leaf fertization of lettuce crop with cow urine. *Horticultura Brasileira* 27: 431-437.
- Özer H., 2016. Organik domates yetiştiriciliği. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 2(1): 43-53.
- Özgen Ş., Şekerci Ş ve Karabıyık T., 2011. Organik ve inorganik gübrelemenin marul ve salataların nitrat birikimi üzerine etkisi. VI. Türkiye Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 4-8 Ekim, Şanlıurfa.
- Parente, A., Gonella, M., Santamaria, P., L'Abbate, P., Conversa, G., and Elia, A., 2006. Nitrogen fertilization of new cultivars of lettuce. *Acta Horticulturae*, doi: 10.17660/ActaHortic.2006.700.21
- Pavlou, G.C., Ehaliotis, C.D., and Kavvadias, V.A., 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae* 111: 319-325.
- Premuzic, Z., Vilella, F., Garate, A. and Bonilla, I. 2004. Light supply and nitrogen fertilization for the production and quality of butterhead lettuce. *Acta Horticulturae* 659: 671- 678.
- Pôrto, M.L., Alves, J.C., Souza, A.P., Araújo, R.C., and Arruda, J.A., 2008. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral nitrogen supply and organic fertilization. *Horticultura Brasileira* 26: 227-230.
- Saleh, S.S., Glala, A.A., Ezzo, M.I., and Ghoname, A.A., 2010. An attempt for reducing mineral fertilization in lettuce production by using bio-organic farming system. *Acta Horticulture*, doi: 10.17660/ActaHortic.2020.852.39
- Smith, S.R., and Hadley, P., 1989. A comparison of organic and inorganic nitrogen fertilizers: Their nitrate-N and ammonium-N release' characteristics and effects on the growth response of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Fortune). *Plant and Soil* 115: 135-144.
- SPSS Inc, 2010. *SPSS® 18.0 Base User's Guide*. Prentice Hall.
- Vural H., Eşiyok D ve Duman İ., 2000. *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bornova/İzmir.
- Zandvakili, O.R., Barker, A.V., Hashemi, M., Etemadi, F., Autio, W.R., and Weis, S., 2019a. Growth and nutrient and nitrate accumulation of lettuce under different regimes of nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition* 42(14): 1575-1593.
- Zandvakili, O.R., Barker, A.V., Hashemi, M., and Etemadi, F., 2019b. Biomass and nutrient concentration of lettuce grown with organic fertilizers. *Journal of Plant Nutrition* 42(5): 444-457.



## **Effect of Salt Stress on Germination in Some Snap Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes Collected from Erzurum Region**

Araştırma Makalesi

Raziye KUL<sup>1</sup>, Melek EKİNCİ<sup>1</sup>, Fazilet PARLAKOVA<sup>1</sup>, Atilla DURSUN<sup>1</sup>, Güleray AĞAR<sup>2</sup>, Ertan

YILDIRIM<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Erzurum-Turkey

<sup>2</sup>Atatürk University, Faculty of Science, Department of Biology, Erzurum-Turkey

\*sorumlu yazar: [ertanyil@atauni.edu.tr](mailto:ertanyil@atauni.edu.tr)

### **Yayın Bilgisi**

Geliş Tarihi: 12.10.2020

Revizyon Tarihi: 21.10.2020

Kabul Tarihi: 30.10.2020

### **Keywords**

Salinity, Genotype, Tolerance, Snap bean, Germination

### **Anahtar Kelimeler**

Tuzluluk, Genotip, Tolerans, Taze fasulye, Çimlenme

### **Abstract**

This study was carried out in laboratory conditions at the Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture. In the research, 5 local snap bean genotypes (1:ERZ-TO-48, 2:ERZ-HN-78, 3:ERZ-TO-64, 4:ERZ-P5-117, 5:ERZ-OL-99) collected from the Erzurum region and 1 commercial variety (ALMAN AYŞE-6) were used as experimental material. The experiment was conducted with a completely randomized design comprising three replicates in three concentration levels (0, 75, and 150 mM) of sodium chloride (NaCl). Twenty-five seeds from each genotype were placed between filter paper in petri dishes (120 mm in diameter). Petri dishes added 10 ml of irrigation water were observed for 9 days at 25 °C and germinated seeds were recorded. The results of the study showed that the increase in salinity concentration caused a statistically significant decrease in seeds germination percentages, germination index, stem lengths, stem diameter, root lengths, seedling fresh and dry weights, except mean germination time. When the results were analyzed, it was determined that the local genotypes collected were more tolerant than the selected commercial cultivar. As a result, all parameters examined were decreased with increasing NaCl concentration.

### **Erzurum Yöresinden Toplanan Bazı Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinde Çimlenme Üzerine Tuz Stresinin Etkisi**

### **Özet**

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada Erzurum yöresinden toplanan 5 yerel taze fasulye genotipi (1: ERZ-TO-48, 2: ERZ-HN-78, 3: ERZ-TO-64, 4: ERZ-P5-117, 5: ERZ-OL-99) ve 1 ticari çeşit (ALMAN AYŞE-6) deney materyali olarak kullanılmıştır. Çalışma, üç farklı tuz (0, 75 ve 150 mM NaCl) konsantrasyon seviyesinde üç tekerrürlü olarak tam şansa bağlı deneme planında gerçekleştirilmiştir. Her genotipten yirmi beş tohum, petri kaplarındaki (120 mm çapında) filtre kağıdı arasına yerleştirilmiş ve 10 ml sulama suyu ilave edilen petri kapları, 25 °C'de 9 gün boyunca gözlemlenerek, çimlenen tohumlar kaydedilmiştir. Çalışma sonuçları incelendiğinde, tuzluluk konsantrasyonundaki artışın ortalama çimlenme süresi dışında tohum çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, gövde uzunluğu, gövde çapı, kök uzunluğu, fide taze ve kuru ağırlıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya neden olduğunu belirlenmiştir. Sonuçlar analiz edildiğinde, toplanan yerel genotiplerin kullanılan ticari çeşitten daha toleranslı olduğu tespit edildi. Sonuç olarak, incelenen tüm parametrelerin artan NaCl konsantrasyonu ile azaldığı tespit edilmiştir.

## 1. INTRODUCTION

The germination of seed is a complex process depending on the genetic and environmental factors, such as temperature, light, and salinity (Barbour, 1968). Salinity is one of the most environmental problems in arid and semi-arid regions. Salty soils contain soluble salts that prevent plant growth in different growth periods and play a restrictive role in the productivity of plants, their development in different periods, and some biochemical and physiological events occurring within plant (Güngör et al. 2017). Salinity as an abiotic stress factor adversely affects the plant growth and development, hindering seed germination (Dash and Panda, 2001).

There are significant differences in terms of physiological and metabolic changes between plant species and varieties and even organs in terms of salt response (Awank et al. 1993). The genetic diversity within a species presents a valuable opportunity for salinity tolerance studies. Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most important crops grown worldwide. Although it is not the primary gene center, Turkey is one of the most important countries in terms of genetic richness of bean (Ekincialp and Sensoy 2013; Kabay and Şensoy 2016). Many previous studies have carried that bean genotypes show a wide variation in terms of consumption characteristics and morphology (Szen 2006; Fidan and Ekincialp 2017; Kıpacak et al., 2019). When compared to other plant species, legumes are among the most sensitive group to salinity and beans are reported to be one of the most sensitive species (Ashraf and Wu 1994; Fidan and Ekincialp 2017; Kıpacak et al., 2019). High salt level negatively affects the germination of the beans (Demir and Demir 1996; Fidan and Ekincialp 2017).

One of the applications that can be done to eliminate the negative effects of salinity in plants is to wash away the salts accumulated in the soil. However, this method is not preferred due to its high cost. Salt tolerance may vary according to the development period of the plant, the density and duration of the salt, climate and soil properties. There are differences between family, genus and species in terms of salt tolerance, and even differences are encountered between genotypes belonging to the same species (Greenway and Munns, 1980; Doğan et al. 2008). This indicates that genetic factors are the main source of salt tolerance as well as environmental factors and physiological effects (Ko 2005; Fidan and Ekincialp 2017). For this reason, another way to eliminate the negative effects of salinity is to grow salt-resistant plant species and varieties (Doğan et al. 2008; Fidan and Ekincialp 2017). The aim of the study is to determine the germination tolerance of local snap bean genotypes collected from Erzurum region at different salt levels. Genotype identified as tolerant towards to the salt levels can be recommended for direct cultivation.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Material

This study was carried out in laboratory conditions at the Atatrk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture. In the research, 5 local snap bean genotypes (1:ERZ-TO-48, 2:ERZ-HN-78, 3:ERZ-TO-64, 4:ERZ-PS-117, 5:ERZ-OL-99) collected from Erzurum region and 1 commercial variety (CV: ALMAN AYŞE-6) were used as plant material (Table 1).

**Table 1.** Geographical origins and genotype codes of snap bean landraces

G- No	G- code	District	Altitude (meters)	Coordinates	
				North	East
1	ERZ- TO-48	TORTUM	1524	40° 19',114"	41° 30',235"
2	ERZ- HN-78	HINIS	1591	39° 19',512"	41° 48',851"
3	ERZ- TO-64	TORTUM	1569	40° 18',036"	41° 71',719"
4	ERZ- PS- 117	PASNLER	1718	40° 1',136"	41° 45',511"
5	ERZ- OL-99	OLUR	1313	40° 45',917"	42° 10',528"

G:Genotype

### 2.2. Method

Germination experiments were carried out in petri dishes to determine the responses of genotypes to salt stress during germination. Twenty-five seeds from each genotype were placed between filter paper, according to the paper method, in petri dishes (120 mm in diameter). The experiment was conducted with a completely randomized design comprising three replicates in three concentration levels (0, 75, and 150 mM) of sodium chloride (NaCl). Petri dishes added 10 ml of corresponding NaCl concentrations were observed during 9 days (final germination) at 25 °C in the dark and germinated seeds were recorded. The germinated seeds were counted daily according to the seedling evaluation procedure described in the ISTA (International Seed Testing Association).

During the germination test, the mean germination time was determined by counting the seeds that germinated every 24 hours (if the rootlets were elongated by 2 mm, the seed was counted as germinated) (Ellis and Roberts, 1980). At the end of the 9th day, germination percentages were measured and then root length (mm), root diameter (mm), stem length (mm) and stem fresh weights (g) were determined in 10 samples randomly selected from each petri dish (Bilgili et al. 2018). Stem dry weights (g) were recorded by drying and weighing at 70 °C for 48 hours of the samples fresh weighed. Germination indexes calculated according to the formula below by dividing the number of seeds that germinated every day by the count days (Maguire, 1962).

$$GI = n1/t1 + n2/t2 + n3/t3 \dots n/t$$

GI: Germination index;

n1; Number of seeds germinated on day 1;

t1: 1st day,

nt; number of seeds germinated in the last day,

nt; last day of germination.

All data in the present study were processed by SPSS and the means were separated by Duncan's multiple range tests.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

When the effects of NaCl applied in increasing concentrations on the germination properties of local snap bean genotype seeds collected from the Erzurum region were examined, it was observed that the germination rate and germination index of the seeds started to decrease significantly in the 75 mM NaCl concentration and these decreases were more pronounced in the 150 mM NaCl concentration. At the control application, the germination percentage and the germination index were recorded 90.56% and 4.40, respectively; whereas under 150 mM application 76.11% and 3.38 were recorded, respectively. All bean genotypes used in the study were obtained with a germination rate of 80% and above at the 75 mM salt concentration. And it has been determined that all genotypes and commercial bean variety (CV) can tolerate this concentration. Statistically, the effect of genotypes on germination rate and germination index was observed to be significant ( $P < 0.001$ ). These findings were in line with the findings of Güngör et al. (2017). The highest germination rate with 98.22% and the highest germination index with 4.84 were determined in the genotype 5, (ERZ-OL-99). At the 150 mM salt concentration, the highest germination rate and germination index were determined in genotype 5 (90.67% and 4.32, respectively) (Table 2, Table 3). Our results verified with the study of Doğan et al. (2008) who stated that the highest germination percentage of tomato genotypes under control conditions. Similar results are obtained by many researchers who reported that germination percentages decreased with increasing salt doses (Atış, 2011; Uyanık et al. 2014; Doğan and Çarpıcı, 2016; Güngör et al. 2017).

In the study, it was determined that the effect of genotypes on mean germination time was statistically significant ( $p < 0.001$ ), whereas the effects of applications on mean germination time were not statistically significant ( $p > 0.05$ ) (Table 4). The highest average germination time with 5.09 days, was determined in the genotype 5, ERZ-OL-99, and it was statistically included in the same statistical group with the genotype 1, 2, 3 and 4. The lowest germination time with 4.65 days was

determined in CV (Table 4). Rush et al. (2000) emphasized that the most harmful effect of salty conditions is seen in the germination period and that high salt concentrations significantly inhibit germination.

As a result of the evaluation of root and shoot length parameters, it was determined that there were statistically significant differences between both in applications and in genotypes (Table 5, Table 6). Application of 150 mM salt negatively affected the root and shoot lengths of all genotypes according to the percentage change rates in the control group (Table 5, Table 6). In addition, according to the findings of the study conducted by Güngör et al. (2017), root length is significantly shortened as a result of increasing salt concentrations. Increased salt concentrations degraded germination, and germination was severely affected at high concentrations (Sönmez and Kaplan 1997; Cuartero and Fernandez-Munoz (1999). Negative effects of shoot length have been reported in many plant species such as beans (Kaya 2011; Fidan and Ekinialp., 2017), melon (Kuşvuran 2010), and many plant species grown under salt application, with increasing the salt application and increased salt dose. It has been determined that there were statistically significant differences in stem diameter both in applications and between genotypes. It was observed that genotype 1 and 2 were the most affected and CV was the least affected. In the application of 150 mM salt, reductions were observed in shoot diameter of all genotypes and genotype 1 was the most affected (Table 7). Takagi et al. (2009) reported that salt stress in tomatoes causes negative effects on plant development and causes a decrease in stem diameter. Atak (2014) reported that increasing salt doses have more negative effects on shoot development. Our study results were found to be consistent with these findings.

Among the genotypes, the highest stem fresh weight (1.159 g) and stem dry weight (0.127 g) were obtained from genotype number 3. Genotype number 3 and 4 were in the same statistical group. Increased salt concentrations had negative effects on stem fresh and dry weights; furthermore and as salt concentration increased, fresh and dry weights decreased with increasing salt concentration (Table 8, Table 9). Atak (2014) and Güngör et al. (2017) reported that increasing salt doses had more negative effects on shoot development. Seemann and Critchley (1985) stated that there is a decrease in the fresh and dry weights of the plant as a result of the application of 150 Mm salt on the beans. Our study results were found to be parallel in line with these findings.

#### 4. Conclusion

As a result of the research, it was determined that the increase in salt concentrations significantly decreased the germination percentage of the local snap bean genotypes collected from the Erzurum region. However, germination losses that occurred with the increase in salt

**Table 2.** Germination percentage (%) of five snap bean genotypes germinated under different NaCl treatments

Treatment	1	2	3	4	5	CV	Mean
0 Mm	91.33a***	92.00 a*	84.67a***	92.00 ns	100.00ns	83.33ns	<b>90.56A***</b>
75 mM	81.33 b	90.00 a	80.00 a	86.67	100.00	80.67	<b>86.44 B</b>
150 mM	76.00 c	81.67 b	62.33 b	81.33	94.67	60.67	<b>76.11 C</b>
Mean	<b>82.89C***</b>	<b>87.89 B</b>	<b>75.67 D</b>	<b>86.67 B</b>	<b>98.22 A</b>	<b>74.89 D</b>	<b>84.37</b>

1: ERZ-TO-48; 2: ERZ-HN-78; 3:ERZ-TO-64; 4: ERZ-PS-117; 5: ERZ-OL-99; CV: ALMAN AYŞE-6.

Values with same letter (A,B,C or a,b,c) are not significantly different ( $P<0.05$ ), between samples.

**Table 3.** Germination index of five snap bean genotypes germinated under different NaCl treatments

Treatment	1	2	3	4	5	CV	Mean
0 Mm	4.41a***	4.97 a*	4.16 a**	4.59 a**	5.22a***	3.03 ns	<b>4.40A***</b>
75 mM	3.72 b	4.53 a	3.85 a	4.36 a	4.99 b	2.82	<b>4.04 B</b>
150 mM	3.02 c	3.70 b	2.84b	3.75 b	4.32 c	2.66	<b>3.38 C</b>
Mean	<b>3.72C***</b>	<b>4.40 B</b>	<b>3.62 C</b>	<b>4.23 B</b>	<b>4.84 A</b>	<b>2.84 D</b>	<b>3.94</b>

1: ERZ-TO-48; 2: ERZ-HN-78; 3:ERZ-TO-64; 4: ERZ-PS-117; 5: ERZ-OL-99; CV: ALMAN AYŞE-6. Values with same letter (A,B,C or a,b,c) are not significantly different ( $P<0.05$ ), between samples.

**Table 4.** Mean germination time (day) of five snap bean genotypes germinated under different NaCl treatments

Treatment	1	2	3	4	5	CV	Mean
0 Mm	5.12 <sup>ns</sup>	4.70 <sup>ns</sup>	4.90 <sup>ns</sup>	4.83 <sup>ns</sup>	4.84 b**	4.78 <sup>ns</sup>	<b>4.86<sup>ns</sup></b>
75 mM	5.01	5.20	4.53	5.17	5.03 b	4.41	<b>4.89</b>
150 mM	4.84	5.01	4.80	4.92	5.41 a	4.77	<b>4.96</b>
Mean	<b>4.99AB***</b>	<b>4.97 AB</b>	<b>4.74 AB</b>	<b>4.97 AB</b>	<b>5.09 A</b>	<b>4.65 B</b>	<b>4.90</b>

1: ERZ-TO-48; 2: ERZ-HN-78; 3:ERZ-TO-64; 4: ERZ-PS-117; 5: ERZ-OL-99; CV: ALMAN AYŞE-6. Values with same letter (A,B,C or a,b,c) are not significantly different ( $P<0.05$ ), between samples.

**Table 5.** Root lengths (mm) of five snap bean genotypes germinated under different NaCl treatments

Treatment	1	2	3	4	5	CV	Mean
0 Mm	46.53a***	42.22 a*	34.07 a*	70.17a***	64.36a***	63.57a***	<b>53.49A***</b>
75 mM	28.54 b	40.11 a	34.70 a	48.33 b	60.92 a	40.00 b	<b>42.10 B</b>
150 mM	15.58 c	23.72 b	21.08 b	25.82 c	19.46 b	21.27 c	<b>21.16 C</b>
Mean	<b>30.22D***</b>	<b>35.35 C</b>	<b>29.95 D</b>	<b>48.11 A</b>	<b>48.24 A</b>	<b>41.61 B</b>	<b>38.91</b>

1: ERZ-TO-48; 2: ERZ-HN-78; 3:ERZ-TO-64; 4: ERZ-PS-117; 5: ERZ-OL-99; CV: ALMAN AYŞE-6. Values with same letter (A,B,C or a,b,c) are not significantly different ( $P<0.05$ ), between samples.

**Table 6.** Stem length (mm) of five snap bean genotypes germinated under different NaCl treatments

Treatment	1	2	3	4	5	CV	Mean
0 Mm	13.41 a	13.31 <sup>ns</sup>	12.94a <sup>***</sup>	13.08 a <sup>**</sup>	12.31a <sup>***</sup>	34.06a <sup>***</sup>	<b>16.52A<sup>***</sup></b>
75 mM	12.44 a	12.25	11.57 b	11.67 a	9.22 b	27.77 b	<b>14.15 B</b>
150 mM	9.62 b	11.76	10.32 c	9.40 b	8.71 b	21.99 c	<b>11.97 C</b>
Mean	<b>11.82B<sup>***</sup></b>	<b>12.44 B</b>	<b>11.61 B</b>	<b>11.38 B</b>	<b>10.08 C</b>	<b>27.94 A</b>	<b>14.21</b>

1: ERZ-TO-48; 2: ERZ-HN-78; 3:ERZ-TO-64; 4: ERZ-PS-117; 5: ERZ-OL-99; CV: ALMAN AYŞE-6. Values with same letter (A,B,C or a,b,c) are not significantly different ( $P<0.05$ ), between samples.

**Table 7.** Stem diameter (mm) of five snap bean genotypes germinated under different NaCl treatments

Treatment	1	2	3	4	5	CV	Mean
0 Mm	3.04 a <sup>***</sup>	2.82 <sup>ns</sup>	2.71 ab <sup>*</sup>	3.08 a <sup>***</sup>	3.13 a <sup>*</sup>	2.99 <sup>ns</sup>	<b>2.96 A<sup>***</sup></b>
75 mM	2.75 b	2.66	2.96 a	2.61 b	2.65 b	2.99	<b>2.77 B</b>
150 mM	2.26 c	2.58	2.53 c	2.65 b	2.53 b	2.76	<b>2.55C</b>
Mean	<b>2.68 C<sup>*</sup></b>	<b>2.69 C</b>	<b>2.73 AB</b>	<b>2.78 AB</b>	<b>2.77 AB</b>	<b>2.91 A</b>	<b>2.76</b>

1: ERZ-TO-48; 2: ERZ-HN-78; 3:ERZ-TO-64; 4: ERZ-PS-117; 5: ERZ-OL-99; CV: ALMAN AYŞE-6. Values with same letter (A,B,C or a,b,c) are not significantly different ( $P<0.05$ ), between samples.

**Table 8.** Seedling fresh weight (mm) of five snap bean genotypes germinated under different NaCl treatments

Treatment	1	2	3	4	5	CV	Mean
0 Mm	1.124 <sup>ns</sup>	1.085 a <sup>*</sup>	1.116 <sup>ns</sup>	1.114 <sup>ns</sup>	1.035 <sup>ns</sup>	1.134 a <sup>**</sup>	<b>1.102A<sup>***</sup></b>
75 mM	0.984	0.969 b	1.186	1.130	1.013	1.025 a	<b>1.051 B</b>
150 mM	0.983	0.934 b	1.174	1.062	0.963	0.841 b	<b>0.993 C</b>
Mean	<b>1.030B<sup>***</sup></b>	<b>0.996 B</b>	<b>1.159 A</b>	<b>1.102 A</b>	<b>1.004 B</b>	<b>1.000 B</b>	<b>1.048</b>

1: ERZ-TO-48; 2: ERZ-HN-78; 3:ERZ-TO-64; 4: ERZ-PS-117; 5: ERZ-OL-99; CV: ALMAN AYŞE-6. Values with same letter (A,B,C or a,b,c) are not significantly different ( $P<0.05$ ), between samples.



**Table 9. Seedling dry weight (mm) of five snap bean genotypes germinated under different NaCl treatments**

Treatment	1	2	3	4	5	CV	Mean
0 Mm	0.124 a**	0.115 a*	0.123 <sup>ns</sup>	0.123 <sup>ns</sup>	0.114 <sup>ns</sup>	0.114 a*	<b>0.119A</b>
75 mM	0.108 b	0.107 ab	0.130	0.124	0.112	0.113 a	<b>0.116 A</b>
150 mM	0.102 b	0.103 b	0.129	0.117	0.106	0.092 b	<b>0.108 B</b>
Mean	<b>0.111B***</b>	<b>0.108 B</b>	<b>0.127 A</b>	<b>0.121 A</b>	<b>0.110 B</b>	<b>0.106 B</b>	<b>0.114</b>

1: ERZ-TO-48; 2: ERZ-HN-78; 3:ERZ-TO-64; 4: ERZ-PS-117; 5: ERZ-OL-99; CV: ALMAN AYŞE-6. Values with same letter (A,B,C or a,b,c) are not significantly different (P<0.05), between samples.

dose differed according to the genotypes. The genotype 5, which shows high germination ability at 150 mM concentration, draws attention. It can be recommended to use genotype no. 5 with such high germination performance in medium saline soils, as it would be more advantageous. In this context, the results obtained from our study can contribute to the breeding studies on this subject in terms of material.

#### 4. Acknowledgement

We are very grateful to The Atatürk University, Scientific Research Projects Foundation for generous financial support (Project Number PRJ2016/242).

#### REFERENCES

- Atak, M., 2014. Ekmeklik buğday genotiplerinin çimlenme aşamasında oluşturulan tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. *MKÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 1-10.
- Atuş, İ., 2011. Bazı Silajlık Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Çeşitlerinin Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Tuz Stresinin Etkileri. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (2): 58-67
- Awank, Y.B., Atherton, J.G., and Taylor, A.J., 1993. Salinity effects on strawberry plants grown rock wool, growth and leaf relations. *Journal of Horticultural Science*, 68, 783-790.
- Barbour, M.G., 1988. Germination requirements of the desert shrub *Larrea divaricata*. *Ecology* 49:915-923.
- Bilgili, D., Atak M, and Mavi, K., 2018. Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinde NaCl Stresinin Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1): 85-96.
- Cuartero, J., and Fernandez-Munoz, R., 1999. Tomato and salinity. *Sci Hortic-Amsterdam* 78:83-125.
- Dash, M., and Panda, S. K., 2001. Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germinating *Phaseolus mungo* seeds. *Biol. Plantarum* 44(4):587-589.
- Demir, İ., and Demir, K., 1996. Farklı tuz konsantrasyonlarının beş değişik fasulye çeşidinde çimlenme çıkış ve fide gelişimi üzerine etkileri. *GAP 1. Sebze Tarımı Sempozyumu*. 335-342.
- Doğan M., Avu A., Can E.N., and Aktan, A., 2008. Farklı domates tohumlarının çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 3(2): 174-182.
- Doğan, R., and Çarpıcı, E., 2016. Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Bazı Tritikale Hatlarının Çimlenmesi Üzerine Etkileri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi* 19 (2): 130-135.
- Ekincialp, A., and Sensoy, S., 2013. Van Gölü Havzası fasulye genotiplerinin bazı bitkisel özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(2): 102-111.
- Ellis R. H. and Roberts, E. H., 1980. Towards a rational basis for seed testing seed quality. In: Hebblethwaite P., ed. *Seed Production*. Butterworths, London, pp.605-635.
- Fidan, E., and Ekincialp, A., 2017. Bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin farklı seviyelerdeki tuz stresine gösterdikleri tepkilerin incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 27(4):558-568.
- Greenway, H., and Munns, R., 1980. Mechanisms of Salt Tolerance in Non-Halophytes. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 31: 149-190. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.pp.31.060180.001053>
- Güngör, H., Çıkalı, Y., and Dumlupınar, Z., 2017. Bazı ticari ve yerel yulaf genotiplerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkileri. *Tarım ve Doğa Dergisi* 20: 263.
- ISTA, 1996. *International Rules For Seed Testing*. Rules. *Seed Sci. Technol.* 24. Supplement.
- Maguire J.D., 1962. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2:176- 177.
- Kabay, T., and Şensoy, S., 2016. Kuraklık stresinin bazı fasulye genotiplerinde oluşturduğu enzim, klorofil ve iyon değişimleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 26(3): 380-395.
- Kaya, E., 2011. Erken Bitki Gelişme Aşamasında Kuraklık ve Tuzluluk Streslerine Tolerans Bakımından Fasulye Genotiplerinin Taranması (Yüksek lisans tezi, basılmamış). ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Keck, T. T, Wagenet, W., Campbell, F., and Knighton, R.E., 1984. Effects of water and salt stress on growth and acetylene reduction in alfalfa. *Soil Sci Soc Am J* 48:1310-1316.
- Kıpçak, S., Ekincialp, A., Erdiñç, Ç., Kabay, T., and Şensoy, S., 2019. Tuz Stresinin Farklı Fasulye Genotiplerinde Bazı Besin Elementi İçeriği ile Toplam Antioksidan ve Toplam Fenol İçeriğine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1): 136-144.
- Koç, S., 2005. Fasulyelerde Tuzluluğa Tolerans Bakımından Genotipsel Farklılıkların Erken Bitki Gelişimi

- Aşamasında Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst. - Yüksek Lisans tezi 87 sayfa.*
- Kuşvuran, Ş., 2010. *Kavunlarda Kuraklık Ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar (Doktora tezi, basılmamış). ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.*
- Lluch, C., Tejera, N., Herrera-Cervera, J.A., Lopez, M., BarrancoGresa, J.R., Palma, F.J., Gozalvez, M., Iribarne, C., Moreno, and E., Ocana, A., 2007. *Saline stress tolerance in legumes. Lotus Newslett 37(2):76-77.*
- Rahman, M.S., Matsumuro, T., Miyake, H., and Takeoka, Y., 2000. *Salinity-induced ultrastructural alternations in leaf cells of rice (Oryza sativa L.). Plant Prod Sci 3:422-429.*
- Rush, M.A., Rios, S., Olmos, E., Santa-Cruz, A., and Bolarin, C.M., 2000. *Long-term culture modifies the salt responses of callus lines of salt-tolerant and salt sensitive tomato species. Journal Plant Physiology, 157: 413-420.*
- Seemann, J.R., and Critchley, C., 1985. *Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, Phaseolus vulgaris L. Planta, 164 (2): 151-162.*
- Sönmez, S., and Kaplan, M., 1997. *Toprak Tuzluluğunun Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri . Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 10 (1): 323-335.*
- Sözen, Ö., 2006. *Artvin İli Yerel Fasulye (Phaseolus vulgaris L.) Populasyonlarının Toplanması, Tanımlanması ve Morfolojik Varyabilitesinin Belirlenmesi (Yüksek lisans tezi, basılmamış). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Samsun.*
- Takagi, M., El-Shemy, H.A., Sasaki, S., Toyama, S., Kanai, S., Saneoka, H., and Fujita, K., 2009. *Elevated CO2 Concentration Alleviates Salinity Stress in Tomato Plant. Soil and Plant Science, 59: 87-96.*
- Uyanık, M., Kara, Ş.M., and Korkmaz, K., 2014. *Bazı kışlık kolza (Brassica napus L.) çeşitlerinin çimlenme döneminde tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi. 20: 368-375. 10.1501/Tarimbil\_0000001295*



## **FASULYEDE (*Phaseolus vulgaris* L.) FARKLI TUZ DOZLARININ ÇİMLENME, TANE VERİMİ VE VERİM ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Araştırma Makalesi

**Ahmet TURHAN\***

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bursa  
\*sorumlu yazar: [turhan@uludag.edu.tr](mailto:turhan@uludag.edu.tr)

### **Yayın Bilgisi**

Geliş Tarihi: 30.10.2020

Revizyon Tarihi: 25.11.2020

Kabul Tarihi: 01.12.2020

### **Anahtar Kelimeler**

*Fasulye, Tuzluluk, Çimlenme, Verim*

### **Keywords**

*Bean, Salinity, Germination, Yield*

### **Özet**

Tuz stresi özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda yetiştirilen kültür bitkilerinin büyümesini ve verimliliğini sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Bu araştırmanın amacı; farklı tuz içerene sulama sularının fasulyede tohum çimlenme, büyüme, verim ve verim bileşenleri üzerine etkilerini ortaya koymaktır. Sulama uygulamalarında tuzlaştırılmış suların sekiz farklı konsantrasyonu (EC: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 dS m<sup>-1</sup>) kullanılmıştır. Araştırma sonuçları, farklı tuz konsantrasyonlarının fasulye tohumlarının çimlenme oranını, büyüme ve verim parametrelerini istatistiksel olarak önemli düzeyde olumsuz etkilediğini göstermiştir. En yüksek çimlenme oranı 0.5, 1.0 ve 2.0 dS m<sup>-1</sup> tuz uygulamalarından elde edilmiş, ancak 2.5 dS m<sup>-1</sup> ve üzerinde artan tuz konsantrasyonları çimlenme oranını önemli miktarda düşürmüştür. Artan tuz konsantrasyonları ile birlikte bitkilerde bodurlaşma etkisi ortaya çıkmış, bu etki daha çok tuz dozunun 2.5 dS m<sup>-1</sup> seviyesine çıkarılması ile gözlemlenmiştir. Bitkideki bakla sayısı 3.0 dS m<sup>-1</sup>, bakladaki tane sayısı 2.5 dS m<sup>-1</sup>, yüz tane ağırlığı 2.0 dS m<sup>-1</sup>, tane verimi 2.0 dS m<sup>-1</sup> ve üzerinde artan tuz uygulamalarında önemli miktarda azalmıştır. Elde edilen veriler; düşük tuz konsantrasyonlarının çimlenme, büyüme ve verim parametrelerini olumsuz etkilemeyeceğini, sulama suyu tuz konsantrasyonu sınırının 2.0 dS m<sup>-1</sup> olması gerektiği ve seviyenin üzerindeki artışların fasulye yetiştiriciliğini riske sokabileceğini göstermiştir.

### **Effect of Different Salinity Levels on Germination, Seed Yield, and Yield Characteristics in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**

### **Abstract**

Salt stress is one of the most important factors limiting the growth and yield of the plants, especially the ones cultivated in the arid and semi-arid areas. The purpose of this study was to determine the effects of irrigation waters containing various salt concentrations on the seed germination, growth, yield and yield components in bean. Eight different concentrations (EC: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>) of salinized waters were used for the irrigation applications. The results of the research showed that the various salt concentrations negatively affected on the germination rate, growth and yield parameters of the bean seeds. The highest germination rate was obtained from the salt applications with 0.5, 1.0, and 2.0 dS m<sup>-1</sup>; however, the salinity levels above 2.5 dS m<sup>-1</sup> substantially decreased the germination rate. As the salt concentrations increased, the dwarfing effect appeared in the plants and this effect was observed more by increasing in the salinity level to 2.5 dS m<sup>-1</sup>. The number of pods per plant, the number of seeds per pod, the 100-seed weight, and the seed yield substantially decreased at the salinity levels above 3.0 dS m<sup>-1</sup>, 2.5 dS m<sup>-1</sup>, 2.0 dS m<sup>-1</sup>, and 2.0 dS m<sup>-1</sup>, respectively. The data obtained; showed that low salt concentrations will not affect germination, growth and yield parameters negatively, irrigation water salt concentration limit should be 2.0 dS m<sup>-1</sup> and increases above the level may put bean cultivation at risk.

## 1. GİRİŞ

Baklagiller; yüksek oranda vitamin, diyetset lif ve potasyum, fosfor, kalsiyum, demir gibi mineraller içerirler (Pekşen ve Artık, 2005). Fasulye ise yüksek protein miktarı ve esansiyel aminoasit içerikleri ile toplumun beslenmesi açısından önemli bir yere sahip, nohuttan sonra en çok üretilen bir baklagil bitkisidir (Türkmen ve ark., 2016). Kuru tane yanında taze sebze olarak da yaygın bir şekilde tüketilmektedir. Dünyada kuru fasulye ekim alanları yaklaşık 29 milyon ha, üretimi 23 milyon ton dolaylarındadır (FAO, 2016). 2019 yılı istatistiklerine göre fasulyenin Türkiye'deki ekim alanı 89.8 bin ha, üretim ise 225 bin tona ulaşmıştır (TUİK, 2019).

Tuzluluk, bitki büyüme ve verimliliğini sınırlandıran en önemli faktörlerden birisidir (Ghoulam ve ark., 2002). Maas ve Hoffman (1977) göre, tuzluluğun artması belli bir noktadan sonra verimde sürekli azalmalara neden olmaktadır. Farissi ve ark. (2011) ise tuz stresinin, ozmotik stres ve Na-Cl iyonlarının toksik etkileri nedeni ile bitki büyüme ve gelişimini olumsuz etkilediğini vurgulamışlardır. Yaprak Cl konsantrasyonunun yükselmesi bitkinin besin dengesini ve su potansiyelini değiştirmekte, CO<sub>2</sub> asimilasyonunu etkileyerek büyümeyi azaltmaktadır (Bayuelo-Jiménez ve ark., 2003) Fasulye tuzluluğa karşı duyarlı bir bitki olarak tanımlanmakta ve verim kaybı 1.0 dS m<sup>-1</sup> tuzluluk eşik değerinden sonra meydana gelmektedir. Bununla birlikte, 1.0 birimlik tuzluluk artışı verimi %19 oranında azaltmaktadır (Hoffman ve ark., 1992). Toprak tuzluluğu 4.0 dS m<sup>-1</sup> düzeyinde ulaştığında ise fasulyede %50 verim kaybı oluşmaktadır. Diğer bir araştırmaya göre, fasulyede verim kayıpları 2.0 dS m<sup>-1</sup> ve üzerindeki tuz konsantrasyonlarında gerçekleşmektedir (Lauchli, 1989).

Tarımsal üretim yapılan alanlardaki toprak kaynaklarımız değişik nedenlerden dolayı daha tuzlu duruma gelmektedir. Bu nedenlerden en önemlisi tuzlu suların sulama amaçlı kullanımlardır (Ekmekçi ve ark., 2005). Zorunlu durumlarda az çok tuz içeren suların tarımda kullanılabilmesi için bazı önlemlerin alınması gereklidir. Ayrıca, ekonomik veya çevresel sınırlamalar nedeniyle topraktan tuzu uzaklaştırmakta mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda topraktaki tuz düzeyine tolerans gösterebilen bitkiler seçilmelidir. Bütün kültür bitkileri belli düzeylerdeki tuzluluğa karşı duyarlıdır (Yurtseven ve Baran, 2000). Bu bağlamda, değişik bölgelerde yetiştirilen ve ekonomik önemi olan yerel çeşitlerin tolerans düzeylerinin değerlendirilmesi önemli kazanımlar sağlayacaktır. Yerel çeşitler üzerine, tuz stresinin etkileri ve tuza toleransta ülkemiz genelinde yapılan çalışmaların sayısı sınırlıdır. Bu nedenle, çalışmamızda ekonomik önemli yerel fasulye çeşidi materyal olarak alınmış, farklı tuz düzeylerindeki sulama suları fasulye bitkilerine uygulanmış, tuzun bitki büyüme ile verim ve verim bileşenleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, fasulye tohumlarının

tuz stresi altında çimlenme kabiliyetleri de gözlemlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma 2014 yılında Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu tohum laboratuvarı ve deneme arazisinde kurulu plastik örtülü uygulama serasında yapılmıştır. Deneme alanının coğrafi koordinatları 40°02' Kuzey, 28°24' Doğu olup deniz seviyesinden yüksekliği 22 m'dir. Yağmur sularının bitkilere ulaşmasını engellemek için, seranın sadece çatı kısmı plastik örtü kapatılmış olup diğer kısımları açık tutulmuştur. Denemelerde materyal olarak; Bursa ili, Mustafakemalpaşa ilçesinde yaygın olarak yetiştirilen yöresel fasulye çeşidi (bodur, çiçek rengi ve tane rengi beyaz, düzgün baklalı ve baklada açılma yok, diğer çeşitlere göre biraz geçici, harman olma özelliği yüksek) "Karaoğlan" (*Phaseolus vulgaris* L.) kullanılmıştır. Fasulye tohumları Mustafakemalpaşa ilçesindeki yetiştiricilerden temin edilmiştir.

### 2.1. Çimlendirme denemesi

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 100 adet tohum olacak şekilde planlanmıştır. Standart çimlendirme testlerinde ISTA (2012) kuralları dikkate alınmıştır. Fasulye tohumlarına tuzun (NaCl formunda) 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 dS m<sup>-1</sup> olmak üzere 8 farklı konsantrasyonu uygulanmış, sadece saf su uygulanan (NaCl ilave edilmemiş) bitkiler kontrol olarak kabul edilmiştir. Naveed ve ark. (2001) bildirdiği gibi, tohumlar %30 hidrojen peroksit çözeltisi ile 5 dakika sterilize edilmiş ve daha sonra saf su ile yıkanmıştır. Ayrıca, petri kapları da %98 etanol ile sterilize edilmiş ve saf sudan geçirilmiştir. Çimlendirme testleri; içerisine çift filtre kâğıdı yerleştirilmiş, her birine 25 adet tohum bırakılmış 11cm çaplı petri kapları içinde ve 25±1°C sıcaklık, karanlık ve sabit nem içeren iklimlendirme odası koşullarında yürütülmüştür. Her petri kabı, yukarıda belirtilen farklı konsantrasyonlarda 10 ml'lik NaCl çözeltisiyle nemlendirilerek, tohumlar çift kat filtre kâğıdı arasına yerleştirilmiştir. Böylece hazırlanan petri kapları etiketlenerek iklim odasına yerleştirilmiştir. Her gün petri kapları kontrol edilerek belirli aralıklarla 10 ml saf su ilavesi yapılmıştır.

Çimlenmiş tohumları tespit edebilmek için tohum sayım işlemi, tohumların ıslatıldığı günü izleyen 1. günden sonra ve her gün aynı saatlerde yapılmıştır. Radikulası 10 mm boya ulaşmış olan fasulye tohumları çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Çimlenmeden on gün sonra, çimlenme yüzdesi (GP), herhangi bir Petri kabındaki çimlenen tohum sayısının toplam tohum sayısına bölünmesi ile elde edilmiş bu da 100 ile çarpılarak hesaplanmıştır (Cokkizgin ve Cokkizgin, 2010; Tanveer ve ark., 2010).

## 2.2. Tuz uygulamaları

Tuz denemeleri, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak 4 tekerrürlü yürütülmüş, her tekerrürde 4 adet plastik saksı (40x30 cm, yükseklik/çap) ve her saksıda da 1 adet fasulye bitkisi olacak biçimde planlanmıştır. Saksılar arasında geçişi sağlamak için 1.5 m'lik boşluklar bırakılmış ve her saksıya hangi uygulamanın geleceği kura ile belirlenmiştir. Saksıların içerisine, 20 kg hava kurusu kumlu-killi-tın toprak (%60 kum, %21 kil, %19 silt, %1.3 organik madde, kireç %10.3, fosfor 35.6 ppm, potasyum 355.20 ppm, toplam azot %0.09, pH= 7.4, EC= 0.26 dS m<sup>-1</sup>, hacim ağırlığı 1.23 g cm<sup>3</sup>, tarla kapasitesi %25, devamlı solma noktası %13) 4 mm göz açıklıklı elekten elendikten sonra doldurulmuştur. Saksıların tabanına olası drenaj suyunun kolaylıkla tahliye edilebilmesi için 5 cm kum-çakıl karışımı yerleştirilmiştir.

Fasulye tohumları deneme saksılarına 5 cm derinliğinde haziran ayı başında ekilmiş ve bitkiler 3-4 yapraklı oluncaya kadar çeşme suyu (ECi= 0.3 dS m<sup>-1</sup>) ile sulanmıştır. Daha sonraki uygulamalarda ise konulara göre sulamalar yapılmıştır. Denemede, 8 farklı sulama suyu tuzluluk düzeyi (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 dS m<sup>-1</sup>) ele alınmıştır. Tuzlu sulama sularının hazırlanmasında suda eriyebilirliği yüksek NaCl tuzu kullanılmış, tuz çeşme suyuna katılmak sureti ile uygulanmıştır. Uygulamalarda %30-40 drenaj esas alınmıştır. Tuz konsantrasyonları, bitkileri osmotik şoklardan korumak için derece derece artırılmış ve 4 uygulamadan sonra tam konsantrasyona ulaşılmıştır. Saksılardaki bitkilerin gübre ihtiyacını karşılamak için temel gübre olarak, 40 kg ha<sup>-1</sup> saf madde olarak azot (amonyum sülfat) ve 60 kg ha<sup>-1</sup> olmak üzere fosfor (triple süper fosfat) saksı başına hesaplanarak uygulanmıştır. Fosforlu gübrelere tamamı ve N gübresinin yarısı ekimden önce, N gübresinin diğer yarısı da ekimden 4 hafta sonra toprağa verilmiştir. Vejetasyon süresinde ortalama sıcaklık 27.1 0C ve nisbi nemde %68 olarak ölçülmüştür. Bitkilerde önemli bir hastalığa rastlanmamış, ot mücadelesi el yapılmış ve gerekli diğer bakım işlemleri deneme süresince düzenli olarak gerçekleştirilmiştir.

## 2.3. Hasat, ölçüm ve analizler

Hasat işlemi eylül sonunda, her saksıdaki bitkilerin %90'ının olgunlaşıp sarardığı dönemde elle yapılmıştır. Hasat edilen bitkiler kurumaya bırakılmış ve daha sonra elle harmanlama işlemi yapılarak, harman sonrası gerekli ölçüm ve tartımlar gerçekleştirilmiştir.

**Bitki boyu:** hasat tarihinde ve bir cetvel yardımıyla saksılardaki tüm bitkilerin bitki boyu toprak seviyesinden büyüme ucuna kadar ölçülmüş 'cm' cinsinden kaydedilmiştir.

**Bakla sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>):** hasat öncesinde bitkilerdeki tüm baklalar sayılmış, bir bitkideki bakla sayısı adet olarak kaydedilmiştir.

**Bakla tane sayısı (adet bakla<sup>-1</sup>):** hasat döneminde bitki üzerindeki baklaların her birisinde oluşan tohumlar sayılmış ve adet olarak belirtilmiştir.

**Yüz tane ağırlığı (g):** hasadı ve harmanı yapılan bitki tohumları 4 tekerrürlü olmak üzere 100'er tane tartılmış ve örneklerden yüz tane ağırlığı hesaplanmıştır.

**Tane verimi:** saksılardaki bitkilerin harmanı yapılmış, kabuklarının alınmasından sonra geriye kalan taneler hassas terazide tartılarak bitki başına düşen tane verimi (kg bitki<sup>-1</sup>) saptanmıştır. Dekara tane verimi (kg da<sup>-1</sup>) ise, 1000 m<sup>2</sup>'lik deneme alanında 50x25 cm aralıklarla bitkinin yetiştirilebileceği düşünülerek hesaplanmıştır (Şehirli ve ark., 2005).

## 2.4. İstatistiksel analiz

Fasulyeden elde edilen çimlenme oranı, bitki büyüme, verim ve verim bileşenlerine ilişkin sayısal veriler varyans analizi (P<0.05) ile değerlendirmeye tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi ile saptanmıştır. İstatistikî analizlerde bir paket program (IBM® SPSS® Statistics for Windows, Version 20.0 Copyright, 2011. IBM Corp., Armonk, NY) kullanılmıştır. Ayrıca, sulama suyu tuzluluğu ile tohum performansı, bitki verim ve verim özellikleri arasındaki ilişkiler regresyon analizleri ile değerlendirilmiştir.

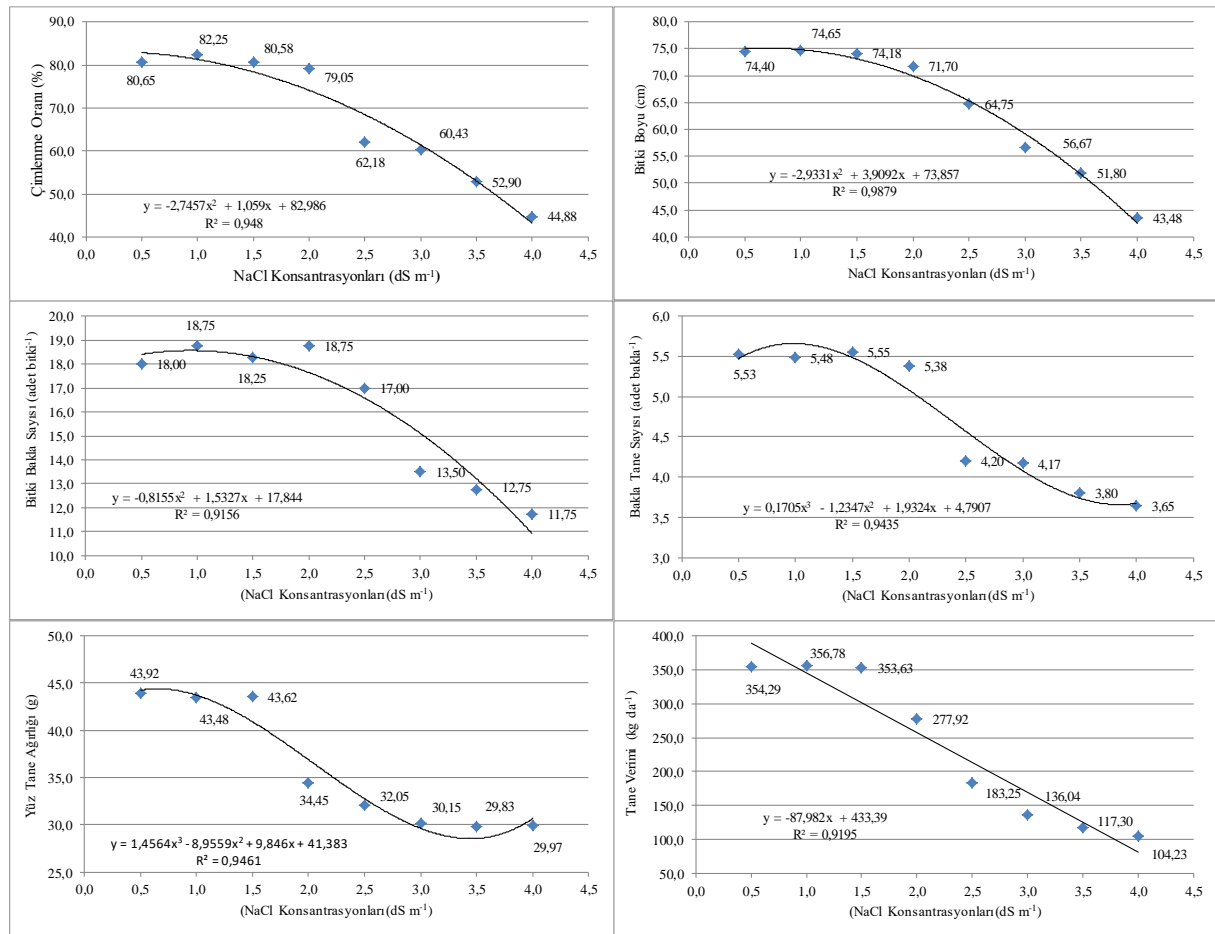
## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmamız süresince yapılan çimlenme testlerinin istatistikî analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, farklı tuz konsantrasyonları fasulye tohumlarının çimlenme oranını önemli düzeyde etkilemiştir. Bununla birlikte, tuz konsantrasyonları ile çimlenme oranları arasında 2. dereceden polinom biçiminde önemli (R<sup>2</sup>= 0.95) bir ilişkiye rastlanmıştır (Şekil 1). Düşük düzeyli (0.5, 1.0 ve 2.0 dS m<sup>-1</sup>) tuz uygulamalarının çimlenme oranı üzerine istatistikî olarak önemli etkisinin olmadığı, ancak 2.5 dS m<sup>-1</sup> ve üzerinde artan konsantrasyonların çimlenme oranını önemli miktarda düşürdüğü belirlenmiştir. En yüksek çimlenme oranı %82.25 ile 1.0 dS m<sup>-1</sup> uygulamasından, en düşük çimlenme oranı da 4.0 dS m<sup>-1</sup> uygulamasından %44.88 olarak elde edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Araştırmacılar, çimlenme aşamasının bitkinin hayat döngüsünde önemli yer tuttuğunu ve bu aşamanın stres faktörlerinden olumsuz etkilendiği, bu olumsuz etkilerin türlere ve uygulama dozlarına göre farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir (Khan ve ark., 2000; Eroğlu, 2007; Ünlükara ve ark., 2008; Amanpour-Balaneji ve Sedghi, 2012; Özkorkmaz ve Yılmaz, 2017). Wignarajah (1990) artan tuz dozlarının osmatik basıncı düşürdüğünü ve fasulye tohumunun su almasını engellediğini vurgulamıştır. Fasulye genotiplerinde yapılan diğer bir çalışmada ise, tuz stresinin çimlenme oranını, çimlenme hızı ve indeksini azalttığı, buna karşın çimlenme süresini ise arttırdığı raporlanmıştır (Kouam ve ark., 2017).

**Çizelge 1.** Farklı konsantrasyonlarda tuz içeren sulama suları ile sulanmış fasulyenin tohum çimlenme oranı, bitki boyu, bakla sayısı ve bakla tane sayısı, yüz tane ağırlığı, tane verimindeki değişimler

NaCl Uygulamaları (dS m <sup>-1</sup> )	Çimlenme Oranı (%)	Bitki Boyu (cm)	Bitkide Bakla Sayısı (adet)	Baklada Tane Sayısı (adet)	Yüz Tane Ağırlığı (g)	Tane Verimi (kg da <sup>-1</sup> )
0,5	80.65 a	74.40 a	18.00 a	5.53 a	43.92 a	354.29 a
1,0	82.25 a	74.65 a	18.75 a	5.48 a	43.48 a	356.78 a
1,5	80.58 a	74.18 a	18.25 a	5.55 a	43.62 a	353.63 a
2,0	79.05 a	71.70 a	17.00 a	5.38 a	34.45 b	277.92 b
2,5	62.18 b	64.75 b	13.50 b	4.20 b	32.05 bc	183.25 c
3,0	60.43 b	56.67 c	12.75 b	4.17 b	30.15 d	136.04 cd
3,5	52.90 c	51.80 d	11.75 b	3.80 bc	29.83 c	117.30 d
4,0	44.88 d	43.48 e	11.75 b	3.65 c	29.97 c	104.23 d

Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak önemli (p<0.05) farklılık göstermektedir.



**Şekil 1.** Sulama suyu tuz konsantrasyonları ile çimlenme, bitki boyu, verim ve verim parametreleri arasındaki ilişkiler

Tuz stresinin çimlenme üzerine negatif etkilerine domates (Turhan ve Şeniz, 2010) ve ıspanak (Turhan ve ark., 2011) gibi farklı sebze tohumlarında da rastlanmıştır.

Tuzluluğun, erken fide gelişimini düşürdüğü, boy uzamasını kısıtladığı, fasulye bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklarda kayıplara sebep olduğu yapılan daha önceki çalışmalarda kanıtlanmıştır (Tejera ve ark.,

2005; Gama ve ark., 2007; Ndakidemi ve Makoi, 2009). Yapılan bu çalışmada da yerel fasulye çeşidi farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirilmiş ve bitki boyları ile tuz konsantrasyonları arasındaki etkileşim incelenmiştir. Tuz stresi ile bitki boyları arasında önemli bir ilişkinin ( $R^2 = 0,99$ ) olduğu Şekil 1'den de izlenebilmektedir. Çizelge 1'deki araştırma sonuçları ise, kök bölgesi artan tuz stresinin bitki boylarını azalttığını, fasulyede bodurlaşma etkisi ortaya

çıkardığını göstermektedir. Bu etki daha çok tuz dozunun 2.5 dS m<sup>-1</sup> seviyesine çıkarılması ile ortaya çıkmıştır. Diğer bir deyişle; bitki boyları 2.0 dS m<sup>-1</sup> kadar tuz konsantrasyonlarından istatistiki olarak önemli miktarda etkilenmemiş, tuz konsantrasyonlarının bu düzeylerin üzerine çıkması ile bitki boylarında önemli kayıplar saptanmıştır. Fasulyede en yüksek ve en düşük boy 74.65 cm ile 1.0 dS m<sup>-1</sup> ve 43.48 cm ile 4.0 dS m<sup>-1</sup> tuz uygulamalarında ölçülmüştür.

Bitki bakla sayısı üzerine artan tuz konsantrasyonları istatistiki olarak önemli düzeyde etki yapmıştır. Nitekim, sulama suyu tuzluluk düzeyi ile bitkide bulunan ortalama bakla sayısı arasında ikinci dereceden polinom biçiminde önemli (R<sup>2</sup>=0.91) bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 1). Bununla birlikte, bitkideki bakla sayısının 2.5 dS m<sup>-1</sup> tuz konsantrasyonundan etkilenmediği, ancak bu noktadan sonra artan tuz konsantrasyonlarının bakla sayısını önemli miktarda düşürdüğü saptanmıştır. Fasulye bitkilerinde en yüksek bakla sayısı 18.75 ile 1.0 ve 2.0 dS m<sup>-1</sup> uygulamalarında ölçülmüştür. Buna karşın, en düşük bitki başına düşen bakla sayısı ise 4.0 dS m<sup>-1</sup> uygulamasında 11.75 adet olarak bulunmuştur (Çizelge 1).

Şekil 1’de fasulye bitkilerine uygulanan tuz stresi ile ortalama bakla tane sayısı arasında ilişkiler incelenmiş ve üçüncü dereceden polinom biçiminde önemli (R<sup>2</sup>=0.94) ilişkiler bulunmuştur. Artan sulama suyu tuz konsantrasyonları bakla tane sayısını istatistiksel olarak önemli düzeyde fakat negatif yönde etkilediği Çizelge 1’den de gözlenebilmektedir. En yüksek tane sayısı 1.5 dS m<sup>-1</sup> (5.55 adet bakla<sup>-1</sup>) uygulamasından elde edilirken, en düşük tane sayısı 4.0 dS m<sup>-1</sup> uygulamasında 3.65 adet bakla<sup>-1</sup> olarak kaydedilmiştir. Bakladaki tane sayısının önemli miktarda etkilendiği sulama suyu tuz konsantrasyonu 2.5 dS m<sup>-1</sup> olarak belirlenmiş ve bu seviyenin üzerinde artan tuz konsantrasyonları tane sayısında önemli miktarda kayıplar ortaya çıkarmıştır.

Fasulyede yapılan tuz uygulamaları sonrasında, genel olarak tuz dozundaki artış ile yüz tane ağırlığı arasında ters orantılı bir eğilim (R<sup>2</sup>= 0.94) bulunmuştur (Şekil 1). Düşük konsantrasyonlu tuz içeren sulama suları (0.5, 1.0 ve 1.5 dS m<sup>-1</sup> ) yüz tane ağırlıklarında istatistiki olarak önemli etki meydana getirmemesine rağmen, uygulanan konsantrasyonun yükselmesi söz konusu tane ağırlıklarını önemli miktarda düşürmüştür. Bununla birlikte, en yüksek tane ağırlığı 0.5 dS m<sup>-1</sup> (43.92 g) uygulamasından alınmıştır. Yüz tane ağırlıkların en düşük seviyeye indiği tuz dozu 3.5 dS m<sup>-1</sup> olmuş ve tane ağırlığı da 29.83 g hesaplanmıştır (Çizelge 1).

Bu çalışmada verim artan sulama suyu tuzluluğundan istatistiki olarak önemli miktarda etkilenmiş, tuzluluk düzeylerindeki artış tane verim değerlerinin doğrusal biçimde azalmasına neden olmuştur (Şekil 2). Çizelge 1’den de izlenebileceği gibi, fasulye tane verimi düşük tuz dozlarından (0.5, 1.0 ve 1.5 dS m<sup>-1</sup> ) etkilenmemiş ve en yüksek verim (354.29, 356.78 ve 353.63 kg da<sup>-1</sup>

) bu uygulamalarda tespit edilmiştir. Buna karşın, en düşük verimde 4.0 dS m<sup>-1</sup> uygulamasında ve 104.23 kg da<sup>-1</sup> olarak kaydedilmiştir. Khalid ve ark., (2015) göre, tuzluluğun en belirgin etkisi verimlilik üzerinedir. Daha önce yapılan çalışmalardan da araştırma bulgularımızı destekleyen sonuçlar elde edilmiştir (Hoffman ve ark., 1992; Ünlükara ve ark., 2008). Tuzluluğun 1.0’den 5.0 dS m<sup>-1</sup> yükselmesi, fasulyede bakla sayısı yanında bakladaki tane sayısı ve yüz tane ağırlığını da düşürerek verimde kayıplara sebep olduğu rapor edilmiştir (Kardoni ve ark., 2013; Parande ve ark., 2013). Tuzluluğun verim üzerine etkileri, mercimek (Tesfaye ve ark., 2014) ve soya fasulyesi (Kazemand ve Minoo, 2011) gibi diğer baklagil bitkilerinde de araştırılmış ve artan konsantrasyonlarla birlikte tane verimlerinin azaldığı bildirilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Milipedler olarak da bilinen Kırkayaklar her segmentinde iki çift bacak bulunan çok segmentli eklem bacaklılardır. Milipedler zehir içeren canlılardır ve tutulduklarında ya da sıkıldıklarında her vücut segmentinde bulunan lateral salgı bezlerinden zehirli cyanide ve quinone toksinlerini dışarıya salarlar. İnsanların yaşam alanlarına oldukça sık girerler ve karanlık yerlerde gizlenirler. Etkilenen bölgede yanmalara, iltihaplanmalara ve siyah-kahverengi lezyonlara neden olurlar. Alkol ya da etherin bu zehirli böceklerin içerdiği toksinleri çözücü nitelikte olmasından dolayı sokulan bölgeye uygulaması önerilmektedir (Vetter ve Visscher, 1998; Haddad ve ark., 2012a, b; Haddad ve ark., 2015).

#### KAYNAKLAR

- Amanpour-Balaneji, B., and Sedghi, M., 2012. Effect of aging and priming on physiological and biochemical traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Notulae Scientia Biologicae* 4(2): 95-100.
- Anonymous, 1985. *Seed Science and Technology*. ISTA 13(2).
- Bayuelo-Jiménez, D. G., Debouck and Lynch, J. P., 2003. Growth, gas exchange, water relations and ion composition of *Phaseolus* species grown under saline conditions. *Field Crops Research* (80)3: 207–222.
- Cokkizgin, A., Cokkizgin, H., 2010. Effects of lead (PbCl<sub>2</sub>) stress on germination of lentil (*Lens culinaris* Medic.) lines. *African Journal of Biotechnology* 9(50): 8608-8612.
- Eroğlu, İ., 2007. Tuz Stresine Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Kültür çeşitlerinde tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bornova-İzmir*.
- Ekmeççi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(3):118-125.
- Gama, P. B. S., Inanaga S., Tanaka K., Nakazawa R., 2007. *Physiological response of common bean (Phaseolus*

- vulgaris L.) seedlings to salinity stres. *African Journal of Biotechnology* 6: 79-88.
- FAO, 2016. *Tarımsal İstatistikler*. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>: (Erişim Tarihi: 25 Kasım 2017).
- Farissi, M., Bouizgaren, A., Faghire, M., Bargaz, A., Ghoulam, C., 2011. Agro-physiological responses of moroccan alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations to salt stress during germination and early seedling stages. *Seed Science and Technology* 39: 389-401.
- Ghoulam, C., Foursy, A., Fares, K., 2002. Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Environmental and Experimental Botany* 47: 39-50.
- Goertz, S. H. and Coons, J. M., 1991. Tolerance of tepary and navy beans to NaCl during germination and emergence. *Hortscience* 26 (3): 246-249.
- Hoffman, G. J., Howell, T. A., Solomon, K. H., 1992. *Management of farm irrigation systems*. ASAE Monograph Number 9 published by ASAE.
- ISTA, 2012. *International for Seed Testing Rules*. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- Kardoni, F., Mosavi, S. J. S., Parande, S., Torbaghan, M. E., 2013. Journal effect of salinity stress and silicon application on yield and component yield offaba bean. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 6: 814-818.
- Kazemand, G. G., and Minoo, T. N., 2011. Soybean performance under salinity stress, soybean. *Biochemistry, Chemistry and Physics* pp. 634-638.
- Khalid, H., Kumari M., Grover A., Nasim, M., 2015. Salinity stress tolerance of camelina investigated in vitro. *Scientia Agriculturae Bohemica* 46: 137-144.
- Khan, M. A., Ungar, I. A., and Showalter, A. M., 2000. Effect of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte *Haloxylon recurvum*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31(17-18): 2763-2774.
- Kouam, E. B., Ndo, S. M., Mandou, M. S., Chotangui, A. H., Tankou, C. M., 2017. Genotypic variation in tolerance to salinity of common beans cultivated in Western Cameroon as assessed at germination and during early seedling growth. *Open Agriculture* 2: 600-610.
- Lauchli, A., 1989. Salt exclusion: an adaptation of legumes for crops and pastures under saline conditions in salinity tolerance in plants. R. C. Staples and G. H. Toenniessen. Eds., pp. 171-187. Wiley. New York. NY. USA.
- Maas, E. V., and Hoffman, G. J., 1977. Crop salt tolerance - current assessment. *J. Irrig. and Drainage Div. ASCE* 103:115-134.
- Ndakidemi, P. A., Makoi, J. H. J. R., 2009. Effect of NaCl on the productivity of four selected common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientific Research and Essay* 4: 1066-1072.
- Naveed, K. M., Lqbal, H. F., Tahir, A., Ahmad, A. N., 2001. Germination potential of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under saline condition. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4: 395-360.
- Parande, S., Zamani, G. R., Syyari Zahan, M. H., Ghaderi, M. G., 2013. Effects of silicon application on the yield and component of yield in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) under salinity stress. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4:1574-1579.
- Pekşen, E., ve Artık, C., 2005. Anti besinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(2): 110-120.
- Şehirli, S., Erdem, T., Erdem, Y., Kenar, D., 2005. Damla sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) su kullanım özellikleri. *Tarım Bilimleri Dergisi* 11(2): 212-216.
- Özkorkmaz, F., ve Yılmaz, N., 2017. Farklı tuz konsantrasyonlarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve börülçede (*Vigna unguiculata* L.) çimlenme üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 7(2): 196-200.
- Tanveer, A., Rehman, A., Javaid, M. M., Abbas, R. N., Sibtain, M., Ahmad, A., Zamir, M.S., Chaudhary, K. M., Aziz, A., 2010. Allelopathic potential of *Euphorbia helioscopia* L. against wheat (*Triticum aestivum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medic.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 34: 75-81.
- Tejera, N. A., Campos, R., Sanjuan, J., Lluch, C., 2005. Effect of sodium chloride on growth, nutrient accumulation, and nitrogen fixation of common bean plants in symbiosis with isogenic strains. *Journal of Plant Nutrition* 28: 1907-1921.
- Tesfaye, A., Petros, Y., Zeleke, H., 2014. Effect of salinity on yield and yield related traits of some accessions of Ethiopian lentil (*Lens culinaris* M.) under greenhouse conditions. *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research* 2: 2347-2389.
- Turhan A. ve Şeniz, V., 2010. Farklı tuz konsantrasyonlarının Türkiye’de yetiştirilen bazı domates genotiplerinin çimlenmesi üzerine etkileri. *U. Ü. Ziraat Fak. Derg.* 24(2): 11-22.
- Turhan, A., Kuşçu, H., Şeniz, V., 2011. Effects of different salt concentrations (NaCl) on germination of some spinach cultivars. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 25(1): 65-77.
- TÜİK, 2019. *Tarımsal İstatistikler*. [http://www.tuik.gov.tr/PreÇizelge.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreÇizelge.do?alt_id=1001): (Erişim Tarihi: 25 Kasım 2020).
- Türkmen, O. S., Özçelik, F., Nizam, Ö., Baytekin, H., 2016. Topraksız fasulye kültüründe azotun rhizobium bakteri nodülasyonu ve bitki gelişimi üzerine etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* 25(1): 201-205.
- Ünlükara, A., Çıkılı, Y., Öztürk, A., 2008. Farklı yıkama oranlarında sulama uygulamalarının fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) gelişimine ve besin maddesi içeriğine etkisi. *Gazi Osman Paşa Ziraat Fakültesi Dergisi* 25(2): 51-60.
- Yurtseven, E. ve Baran, H. Y., 2000. Sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının brokolide (*Brassica oleracea botrytis*) verim ve mineral madde içeriğine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 24(2):185-190.
- Wignarajah, K., 1992. Growth response of *Phaseolus vulgaris* to varying salinity regimes. *Environmental and Experimental Botany* 2: 141-144





## **BAZI ÇAVDAR (*Secale cereale* L.) GENOTİPLERİNİN ERZURUM KURU TARIM KOŞULLARINA ADAPTASYONU**

Araştırma Makalesi

İsmail KARATAŞ<sup>1</sup>, Murat AYDIN<sup>2\*</sup>, Selçuk KODAZ<sup>1</sup>, Metin TOSUN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 25240 Erzurum

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, 25240 Erzurum

\*sorumlu yazar: [maydin@atauni.edu.tr](mailto:maydin@atauni.edu.tr)

### **Yayın Bilgisi**

Geliş Tarihi: 20.10.2020

Revizyon Tarihi: 30.11.2020

Kabul Tarihi: 02.12.2020

### **Anahtar Kelimeler**

Çavdar, Tetraploid, Adaptasyon, Tane verimi, Verim öğeleri

### **Keywords**

Rye, Tetraploid, Adaptation, Grain yield, Yield components

### **Özet**

Tahıllar, adaptasyon kabiliyetleri oldukça yüksek bitkilerdir ve çavdar gibi türleri çok ekstrem şartlarda yetişebilmektedir. Erzurum yöresinde çavdar tarımını yaygınlaştırmak ve daha verimli hale getirmek için mevcut çeşitlerden bölgeye uyum sağlayabilen ve yüksek verimli olan genotiplerin belirlenip ekiminin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim ve Araştırma Merkezi 4 No'lu deneme alanında 2016-2017 ve 2017-2018 ürün yıllarında yürütülen bu çalışmada, 8 çavdar genotipinin Erzurum kuru tarım koşullarına adaptasyonu araştırılmıştır. Araştırmada genotiplerin vejetatif dönem, tane dolum süresi, bitki boyu, metrekaresindeki başak sayısı, başaktaki tane sayısı, bin tane ağırlığı, biyolojik verim, tane verimi ve hasat indeksi oranları incelenmiştir. Bu karakterler yönünden genotipler arasındaki farkların önemli olduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre genotiplerin vejetatif dönemleri (1 Haziran) 3,83-9,33 gün, tane dolum süresi 29,67-32,33 gün, bitki boyları 145,7-168,0 cm, metrekaresindeki başak sayısı 394,2-451,7, başaktaki tane sayısı 29,13-39,30, bin tane ağırlığı 31,23-38,46 g, tane verimi 294,0-383,2 kg da-1, biyolojik verimi 1307,7-1487,4 kg da-1, hasat indeksi %21,50-26,32, ham protein oranı ise %7,33-10,63 arasında değişim göstermiştir. En yüksek tane verimine tetraploid (383,2 kg da-1) genotipi sahip olmuş, bu çeşidi Hat 2 (373,5 kg da-1) ve Hat 7 (346,7 kg da-1) genotipleri takip etmiştir. Yüksek tane verimine ve ham protein oranına sahip Tetraploid ve Hat 2 genotipleri Erzurum yöresi için ümitvar genotipler oldukları sonucuna varılmıştır.

### **Adaptation of Some Rye Genotypes (*Secale cereale* L.) to Erzurum Dry Agricultural Conditions**

### **Abstract**

Cereals are highly adaptive plants, and species such as rye can grow under extreme conditions. In order to spread and make rye farming more efficient in Erzurum region, it is necessary to identify and expand the cultivation of high-yielding genotypes that can adapt to the region from existing varieties. This study was carried out at research field #4 of Atatürk University Plant Production and Research Center in 2016-2017 ve 2017-2018 cropping seasons, and the adaptation of 8 rye genotypes under Erzurum dryland farming condition was evaluated. In this research, the genotypes were examined in terms of vegetative period, grain filling period, plant height, spike number per m<sup>2</sup>, kernel number per spike, 1000 kernel weight, grain yield biological yield, harvest index and crude protein ratios. It was found that differences between genotypes were significant in terms of these characters. According to the results, vegetative period, grain filling period, plant height, spike number per m<sup>2</sup>, kernel number per spike, 1000-kernel weight, grain yield, biological yield, harvest index and crude protein ratios of the genotypes varied between 3,83 and 9,33 days, 29,67 and 32,33 days, 145,7 and 168,0 cm, 394,2 and 451,7, 29,13 and 39,30, 31,23 and 38,46 g, 294,0 and 383,2 kg da-1, 1307,7- and 1487,4 kg da-1, 21,50% and 26,07%, 7,33% and 10,63% respectively. The highest grain yield obtained from Tetraploid form (383,2 kg da-1), followed by the Line 2 (373,5 kg da-1) and Line 7 (346,7 kg da-1). It was concluded that Tetraploid and Line 2 genotypes with high grain yield and crude protein ratios were promising genotypes for Erzurum region.

## 1. GİRİŞ

Buğday ve çeltik, Dünya tahıl üretiminin %50'sinden fazlasını oluşturdukları için dünyadaki en önemli mahsullerdir. Tahıllardan biri olan çavdar ise buğdaya bir alternatif olarak yetiştirilen, asıl işlevi yem bitkisi olan ve günümüzde ekim alanı azalan bir mahsuldür. FAO verilerine göre dünya çavdar ekilişi son 10 yıllık verilere (2009-2018) göre değerlendirildiğinde, 2009 yılında yaklaşık 6,60 milyon ha olan ekim alanı, 2018 yılında 4,12 milyon ha'a; üretimi ise 18,22 milyon tondan 11,27 milyon tona düşmüştür (Anonymous 2020). Dünya genelinde çavdar üreten başlıca ülkeler arasında 2018 yılı itibarıyla en fazla üretime 2,20 milyon ton ile Almanya sahip iken, bunu 2,16 milyon ton ile Polonya, 1,92 milyon ton ile Rusya Federasyonu ve diğer ülkeler izlemektedir. Dünya çavdar ekilişinin %55,8'si bu ilk üç ülkede gerçekleştirilmektedir. Türkiye ise 320 bin ton ile dokuzuncu sırada yer almaktadır. 2018 yılı itibarıyla çavdar üretimi ana kıtalar düzeyinde ele alındığında, en fazla çavdar üretimi 9,13 milyon ton ile Avrupa kıtasında bulunmaktadır. Bunu 1,46 milyon ton ile Asya kıtası ve diğer kıtalar izlemektedir. Avrupa ve Asya toplam üretimin %94'ünü oluşturmaktadır (Anonymous 2020). Türkiye'de çavdar üretiminin son 10 yılına 2010-2019 yılına baktığımızda yıllara göre dalgalanmalar olmakla birlikte, 2010 yılında 141 bin ha olan ekim alanının 2019 yılında 112 bin ha'a; üretimin ise 366 bin tondan 310 bin tona düştüğü görülmektedir. Aynı yıllarda Türkiye'de ekim alanının düşmesine rağmen, bu düşüşün üretimde fazla hissedilmemesinde, birim alandan elde edilen verim artışının etkili olduğu söylenebilir. Nitekim 2010 yılında 259 kg da-1 olan verim 2019 yılında 277 kg da-1 olarak gerçekleşmiştir (Anonim 2020). Diğer taraftan 2019 TÜİK verilerine göre Erzurum ilinde toplam 3,5 milyon da tarım alanının 2,4 milyon da'ında tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin ekimi yapılırken, 1,0 milyon da'ı nadasa bırakılmaktadır. Yine, 2019 TÜİK verilerine göre 65 bin da alanda 13,3 bin ton çavdar üretim yapılmıştır. Dekara verim ise 207 kg da-1 olarak gerçekleşmiştir (Anonim 2020).

İnsanlar tarafından uzun bir kullanım tarihine sahip olan tahıllar temel gıdalardır ve çoğu insan diyetinde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde temel besin kaynağıdır (Laskowski ve ark., 2019). Enerji tedarikinin %50'sinden fazlasına katkıda bulunan tahıllar, genel olarak nişasta ve yaklaşık %6-15 protein olmak üzere yaklaşık olarak %75 karbonhidrattan oluşmaktadırlar. Tahıllar, karbonhidrat, protein, lif ve aynı zamanda E vitamini, B vitaminleri (thiamin, niacin, riboflavin), Mg, Zn, Ca, K, P, Fe ve Na gibi bir dizi mikrobeyin içermektedirler (McKevith, 2004; O'Neil ve ark., 2010; Yamada ve ark. 2014). Çavdar %73 oranında çözünmeyen diyet lifi içerir ve diğer tahıllara kıyasla daha yüksek (% 27) çözünür lif içerir. Çavdar lifleri bağırsak aktivitesini, metabolizmayı ve bağırsak florasının miktarını, kalitesini ve kompozisyonunu olumlu yönde etkilerler (Schlegel, 2013). Tam tane ürünleri, fizyolojik strese karşı koruyan fenolik asit ve polifenol antioksidanlarını içermektedir (Landberg ve ark., 2008). Çavdar unu ile pişmiş ekmekler lif

bakımından zengindir ve çavdar vücut için çok fazla demir sağlar. Çavdar ekmekleri, özellikle güçlü, hafif ekşi ve çok baharatlı bir tada sahiptir. Çavdar unu içeriği ne kadar yüksekse, lezzet o kadar güçlüdür. Diğer taraftan, çavdar taneleri alkollü içecek (viski, votka ve kvass) ve endüstriyel alkol üretiminde de kullanılmaktadır (Schlegel, 2013).

Günümüzde, yüksek verim potansiyeline sahip çeşitlerin piyasaya sürülmesinin yanı sıra küresel iklim değişikliğine bağlı olarak yıldan yıla belirgin iklim dalgalanmalarına karşı genotiplerin tepkilerinin belirlenmesi için çeşitlerin adaptasyon çalışmalarının belirli aralıklarla tekrarlanması gerekmektedir. Nitekim bu çalışmada,

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden temin edilen 6 ileri ıslah hattı (2n=14) (Hat 1, Hat 2, Hat 3, Hat 5, Hat 6 ve Hat 7), Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen ve buradan temin edilen Aslım 95 çeşidi (2n=14) ile Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünden temin edilen kültür çavdarının (*Secale cereale* L.) tetraploit formu (2n=28) bitki materyali olarak kullanılmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında toplam yağış miktarı sırasıyla 315,2 ve 432,4 mm, ortalama sıcaklık ise 4,5 ve 7,2°C olmuştur. Birinci ürün yılında uzun yıllar ortalamasına göre (401,1 mm) daha az ikinci ürün yılında ise daha fazla yağış düşmüştür. Ortalama sıcaklık uzun yıllar ortalamasına göre (5,2 °C) birinci yılda daha düşük, ikinci ürün yılında ise daha yüksek olmuştur. Deneme yeri topraklarının nötr karakterli, tuzsuz, orta kireçli, organik madde oranı az, azot yönünden fakir, fosfor yönünden orta, potasyum yönünden ise zengin olduğu belirlenmiştir.

Bu araştırma, şansa bağlı bloklar deneme planına göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ekim işlemi birincil yıl 22.09.2016, ikinci yıl ise 04.10.2017 tarihinde toprak hazırlığı yapılmış tarlaya m<sup>2</sup>'ye 475 canlı tohum olacak şekilde baskılı parsel mibzeri ile yapılmıştır. Parseller 6,0 m uzunluğunda 1,2 m genişliğinde olmak üzere 20 cm aralıklı 6 bitki sırasından oluşmuştur. Bloklar içerisinde alt alta gelen parseller arasında 1,0 m, bloklar arasında ise 2,0 m mesafe bırakılmış, deneme alanı (8 genotip x 3 tekerrür x 7,2 m<sup>2</sup>) 172,8 m<sup>2</sup>, parseller arası boşluklar ile birlikte toplam alan ise 390,4 m<sup>2</sup> olmuştur. Parseller 6 kg N/da ve 5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/da olacak şekilde gübrenmiştir. Fosforlu gübrenin tamamı ile azotlu gübrenin yarısı ekim öncesi parsellere elle serpilmiş ve tırmıkla toprağa karıştırılmış, azotlu gübrenin kalan yarısı ise bitkiler sapa kalkma dönemine geldiğinde sıralara serpilmiştir. Yabancı otlar gerektiğinde elle yolunarak uzaklaştırılmıştır. Hatların vejetatif dönem (1 Haziran=1), tane dolum süresi, bitki boyu, m<sup>2</sup>'deki başak sayısı, başaktaki tane sayısı, bin tane ağırlığı, tane verimi, hasat indeksi ve ham protein oranları belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen veriler SAS 9.3 istatistik programı ile deneme planına uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuş, Araştırmada incelenen karakterler bakımından genotipler arasındaki farklar %1

önem seviyesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

### 3. BULGULAR

Çavdar hatlarının vejetatif periyot ve tane dolum süresi Çizelge 1; bitki boyu ve m<sup>2</sup>'deki başak sayısı Çizelge 2; başaktaki tane sayısı ve bin tane ağırlığı Çizelge 3; tane verimi ve biyolojik verim Çizelge 4; hasat indeksi ve ham protein oranları Çizelge 4'te verilmiştir. Genotipler arasındaki farklar başaktaki tane sayısında önemli, incelenen diğer karakterler yönünden ise çok önemli bulunmuştur. Ürün yılları arasındaki farklar başaktaki tane sayısında önemli, bin tane ağırlığı ve hasat indeksinde önemsiz, diğer karakterlere etkisi çok önemli olmuştur. Yıl x genotip interaksyonları metrekaredeki başak sayısı, başaktaki tane sayısı, bin tane ağırlığında önemli, hasat indeksi, tane verimi, biyolojik verimde önemsiz, diğer karakterlerde ise çok önemli bulunmuştur.

#### 3.1. Vejetatif Dönem ve Tane Dolum Süresi

Vejetatif döneme ve tane dolum süresine ait varyans analiz sonuçları ve genotiplerin bu özelliklere ait

**Çizelge 1.** Çavdar genotiplerine ait vejetatif periyot ve tane dolum süreleri<sup>1</sup>

Genotip	Vejetatif periyot (gün)			Tane dolum süresi (gün)		
	2016-17	2017-18	Birleşik	2016-17	2017-18	Birleşik
Aslım 95	6,67 <sup>e</sup>	3,67 <sup>ab</sup>	5,17 <sup>d</sup>	29,00 <sup>cd</sup>	31,33	30,17 <sup>bcd</sup>
Hat 1	11,33 <sup>b</sup>	5,00 <sup>a</sup>	8,17 <sup>b</sup>	29,00 <sup>cd</sup>	31,67	30,33 <sup>bcd</sup>
Hat 2	6,33 <sup>e</sup>	1,33 <sup>c</sup>	3,83 <sup>e</sup>	28,00 <sup>d</sup>	31,67	29,83 <sup>cd</sup>
Hat 3	7,00 <sup>de</sup>	3,67 <sup>ab</sup>	5,33 <sup>d</sup>	29,00 <sup>cd</sup>	30,33	29,67 <sup>d</sup>
Hat 5	7,00 <sup>de</sup>	5,00 <sup>a</sup>	6,00 <sup>cd</sup>	30,67 <sup>b</sup>	31,00	30,83 <sup>bc</sup>
Hat 6	9,00 <sup>c</sup>	2,00 <sup>bc</sup>	5,50 <sup>d</sup>	30,00 <sup>bc</sup>	32,33	31,17 <sup>b</sup>
Hat 7	8,00 <sup>cd</sup>	5,00 <sup>a</sup>	6,50 <sup>c</sup>	28,67 <sup>cd</sup>	31,67	30,17 <sup>bcd</sup>
Tetraploid	13,67 <sup>a</sup>	5,00 <sup>aa</sup>	9,33 <sup>a</sup>	33,33 <sup>a</sup>	31,33	32,33 <sup>a</sup>
Ortalama	8,63	3,83	6,23	29,71	31,42	30,56
F değeri (yıl)	-	-	405,7**	-	-	36,18**
F değeri (genotip)	42,89**	6,76*	27,41**	11,89**	0,84	4,67**
F değeri (yıl x genotip)	-	-	12,20**	-	-	5,09**
CV (%)	8,00	25,54	13,23	2,83	1,11	3,22

<sup>1</sup>Aynı harf ile işaretli ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

**Çizelge 2.** Çavdar genotiplerine ait bitki boyu ve metrekaredeki başak sayısı<sup>1</sup>

Genotip	Bitki boyu (cm)			Metrekaredeki başak sayısı		
	2016-17	2017-18	Birleşik	2016-17	2017-18	Birleşik
Aslım 95	127,3 <sup>d</sup>	181,5	154,4 <sup>c</sup>	399,7 <sup>ab</sup>	475,0 <sup>abc</sup>	437,3 <sup>ab</sup>
Hat 1	136,7 <sup>bc</sup>	188,5	162,6 <sup>ab</sup>	333,3 <sup>e</sup>	455,0 <sup>c</sup>	394,2 <sup>c</sup>
Hat 2	134,0 <sup>c</sup>	181,5	157,8 <sup>bc</sup>	403,3 <sup>a</sup>	460,0 <sup>bc</sup>	431,7 <sup>b</sup>
Hat 3	141,7 <sup>b</sup>	183,6	162,6 <sup>ab</sup>	378,3 <sup>d</sup>	480,0 <sup>abc</sup>	429,2 <sup>b</sup>
Hat 5	138,3 <sup>bc</sup>	179,1	158,7 <sup>bc</sup>	388,3 <sup>c</sup>	495,0 <sup>a</sup>	441,7 <sup>ab</sup>
Hat 6	115,0 <sup>e</sup>	176,5	145,7 <sup>d</sup>	393,3 <sup>bc</sup>	490,0 <sup>ab</sup>	441,7 <sup>ab</sup>
Hat 7	139,3 <sup>bc</sup>	177,6	158,5 <sup>bc</sup>	398,3 <sup>ab</sup>	505,0 <sup>a</sup>	451,7 <sup>a</sup>
Tetraploid	148,3 <sup>a</sup>	187,7	168,0 <sup>a</sup>	398,3 <sup>ab</sup>	496,7 <sup>a</sup>	447,5 <sup>a</sup>
Ortalama	135,1	182,0	158,5	386,6	482,1	434,4
F değeri (yıl)	-	-	766,9**	-	-	647,9**
F değeri (genotip)	30,4**	1,4	7,6**	108,1**	3,05*	11,36**
F değeri (yıl x genotip)	-	-	3,01**	-	-	3,68*
CV (%)	2,4	3,6	3,7	1,0	3,7	3,0

<sup>1</sup>Aynı harf ile işaretli ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Genotiplerin ortalaması olarak 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarına ait vejetatif dönemler sırasıyla 8,63 ve 3,83 gün; tane dolum süreleri ise 29,71 ve 31,42 gün olmuştur. Bu sonuçlar çiçeklenme tarihleri arasında 4,8 gün; tane dolum süreleri arasında 1,7 gün fark olduğunu göstermektedir. Tritikalede yapılan bir çalışmada en kısa ve en uzun erme süresi bakımından genotipler arasında 6 günlük bir farkın olduğu bildirilmiştir (Yağbasanlar ve Genç, 1987). Yine, Erzurum kuru tarım koşullarında buğdayda yapılan bir çalışmada (Çağlar ve ark., 2006) genotipler arasında vejetatif dönem bakımından 8,4 gün fark olduğu, genotiplerin tane dolum süresinin ise 34,9-39,3 gün arasında değiştiği bildirilmiştir.

Her iki parametre bakımından da en yüksek değer çavdarın tetraploit formunda belirlenmiştir. Bunun muhtemel nedeni tetraploit formun gelişiminin diploidlere göre yavaş olmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim Ranney (2006) ve Yıldız (2013) poliploit bitkilerin, hücre döngüsündeki zorluklar ve yavaş hücre bölünmesi nedeniyle (Comai, 2005) gelişim hızlarının düşük olduğunu bildirmişlerdir

**Çizelge 3.** Çavdar genotiplerinin ait başaktaki tane sayısı ve bin tane ağırlıkları<sup>1</sup>

Genotip	Başaktaki tane sayısı			Bin tane ağırlığı (g)		
	2016-17	2017-18	Birleşik	2016-17	2017-18	Birleşik
Aslım 95	32,87 <sup>d</sup>	45,70 <sup>a</sup>	39,28 <sup>a</sup>	34,61 <sup>b</sup>	33,67	34,14 <sup>bc</sup>
Hat 1	34,70 <sup>bc</sup>	37,37 <sup>ab</sup>	36,03 <sup>abc</sup>	31,20 <sup>c</sup>	31,25	31,23 <sup>e</sup>
Hat 2	36,43 <sup>a</sup>	38,07 <sup>ab</sup>	37,25 <sup>ab</sup>	32,08 <sup>c</sup>	32,67	32,38 <sup>cde</sup>
Hat 3	28,97 <sup>e</sup>	31,47 <sup>bc</sup>	30,22 <sup>cd</sup>	32,34 <sup>c</sup>	35,25	33,80 <sup>bcd</sup>
Hat 5	33,63 <sup>cd</sup>	44,97 <sup>a</sup>	39,30 <sup>a</sup>	31,75 <sup>c</sup>	35,00	33,38 <sup>cde</sup>
Hat 6	25,30 <sup>f</sup>	40,90 <sup>ab</sup>	33,10 <sup>bcd</sup>	35,27 <sup>b</sup>	36,00	35,64 <sup>b</sup>
Hat 7	32,50 <sup>d</sup>	38,30 <sup>ab</sup>	35,40 <sup>abc</sup>	31,94 <sup>c</sup>	31,83	31,89 <sup>de</sup>
Tetraploid	35,00 <sup>b</sup>	23,27 <sup>c</sup>	29,13 <sup>d</sup>	40,66 <sup>a</sup>	36,25	38,46 <sup>a</sup>
Ortalama	32,43	37,50	34,97	33,73	33,99	33,86
F değeri (yıl)	-	-	12,03*	-	-	0,30
F değeri (genotip)	84,27**	3,34*	3,47*	17,74**	2,07	9,40**
F değeri (yıl x genotip)	-	-	4,31*	-	-	2,52*
CV (%)	2,11	1,49	14,51	3,82	6,77	5,44

<sup>1</sup>Aynı harf ile işaretli ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.**Çizelge 4.** Çavdar genotiplerinin ait tane verimi ve biyolojik verimleri<sup>1</sup>

Genotip	Tane verimi (kg da <sup>-1</sup> )			Biyolojik verim (kg da <sup>-1</sup> )		
	2016-17	2017-18	Birleşik	2016-17	2017-18	Birleşik
Aslım 95	323,8 <sup>b</sup>	346,7 <sup>bcd</sup>	335,2 <sup>bc</sup>	1355,9 <sup>bc</sup>	1474,0 <sup>ab</sup>	1415,0 <sup>b</sup>
Hat 1	286,4 <sup>c</sup>	301,7 <sup>e</sup>	294,0 <sup>d</sup>	1259,9 <sup>ab</sup>	1355,4 <sup>cd</sup>	1307,7 <sup>c</sup>
Hat 2	372,2 <sup>a</sup>	374,7 <sup>ab</sup>	373,5 <sup>a</sup>	1407,4 <sup>d</sup>	1435,9 <sup>bc</sup>	1421,7 <sup>b</sup>
Hat 3	280,9 <sup>c</sup>	309,2 <sup>e</sup>	295,0 <sup>d</sup>	1248,5 <sup>d</sup>	1433,3 <sup>bcd</sup>	1340,9 <sup>c</sup>
Hat 5	310,0 <sup>b</sup>	342,5 <sup>cd</sup>	329,2 <sup>c</sup>	1384,2 <sup>ab</sup>	1455,2 <sup>b</sup>	1419,7 <sup>b</sup>
Hat 6	277,5 <sup>c</sup>	322,1 <sup>de</sup>	299,8 <sup>d</sup>	1341,7 <sup>bc</sup>	1444,3 <sup>b</sup>	1393,0 <sup>b</sup>
Hat 7	326,6 <sup>b</sup>	366,7 <sup>abc</sup>	346,7 <sup>b</sup>	1305,0 <sup>cd</sup>	1354,2 <sup>d</sup>	1329,6 <sup>c</sup>
Tetraploid	379,7 <sup>a</sup>	386,7 <sup>a</sup>	383,2 <sup>a</sup>	1435,7 <sup>a</sup>	1539,1 <sup>a</sup>	1487,4 <sup>a</sup>
Ortalama	320,4	343,8	332,1	1342,3	1436,4	1389,4
F değeri (yıl)	-	-	33,2**	-	-	58,2**
F değeri (genotip)	31,23**	10,9 **	36,44**	8,7**	5,1*	11,6**
F değeri (yıl x genotip)	-	-	1,66	-	-	1,85
CV (%)	3,8	4,7	4,24	3,0	3,2	3,1

<sup>1</sup>Aynı harf ile işaretli ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.**Çizelge 5.** Çavdar genotiplerinin hasat indeksi ve ham protein oranları<sup>1</sup>

Genotip	Hasat indeksi (%)			Ham protein oranı (%)		
	2016-17	2017-18	Birleşik	2016-17	2017-18	Birleşik
Aslım 95	23,88 <sup>bc</sup>	23,52 <sup>cd</sup>	23,70 <sup>b</sup>	7,10 <sup>bc</sup>	7,40 <sup>ef</sup>	7,25 <sup>c</sup>
Hat 1	22,75 <sup>cd</sup>	22,26 <sup>de</sup>	22,50 <sup>bcd</sup>	6,80 <sup>c</sup>	8,40 <sup>cd</sup>	7,60 <sup>c</sup>
Hat 2	26,51 <sup>a</sup>	26,13 <sup>ab</sup>	26,32 <sup>a</sup>	7,70 <sup>b</sup>	9,57 <sup>b</sup>	8,63 <sup>b</sup>
Hat 3	22,50 <sup>cd</sup>	21,53 <sup>e</sup>	22,03 <sup>cd</sup>	7,37 <sup>bc</sup>	9,33 <sup>b</sup>	8,35 <sup>b</sup>
Hat 5	22,83 <sup>c</sup>	23,53 <sup>cd</sup>	23,18 <sup>bc</sup>	7,83 <sup>b</sup>	9,20 <sup>bc</sup>	7,33 <sup>c</sup>
Hat 6	20,69 <sup>d</sup>	22,30 <sup>de</sup>	21,50 <sup>d</sup>	7,33 <sup>bc</sup>	6,83 <sup>f</sup>	8,27 <sup>b</sup>
Hat 7	25,06 <sup>ab</sup>	27,07 <sup>a</sup>	26,07 <sup>a</sup>	7,23 <sup>bc</sup>	8,20 <sup>de</sup>	7,72 <sup>c</sup>
Tetraploid	26,45 <sup>a</sup>	25,13 <sup>bc</sup>	25,79 <sup>a</sup>	10,60 <sup>a</sup>	10,67 <sup>a</sup>	10,63 <sup>a</sup>
Ortalama	23,83	23,94	23,89	8,70	7,75	8,23
F değeri (yıl)	-	-	0,12	-	-	50,48**
F değeri (genotip)	9,00**	12,34 **	19,20**	23,58**	17,94**	33,18**
F değeri (yıl x genotip)	-	-	1,91	-	-	8,06**
CV (%)	4,97	4,08	4,50	5,52	5,83	5,66

<sup>1</sup>Aynı harf ile işaretli ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Nitekim, Yağbasanlar ve Genç (1987), kırıç şartlarda başaklanma-erme süresi daha uzun olan genotiplerin yetiştirilmesinin daha uygun olduğunu bildirmişlerdir. Yılların ortalamasına göre vejetatif dönemin 3,83-9,33 gün, tane dolum süresinin ise 29,67-32,33 gün arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 1). En kısa vejetatif dönem sırasıyla Hat 2, Aslım 95, Hat 3 ve Hat 6'da belirlenmiştir. Diğer taraftan, en kısa tane dolum süresi sırasıyla Hat 3 ve 2'de belirlenmiştir.

### 3.2. Bitki Boyu ve Metrekaredeki Başak Sayısı

Çavdar genotiplerin ortalaması olarak bitki boyları 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında sırasıyla 135,1 ve 182,0 cm olarak belirlenmiştir. Bitki boyları 168,0-145,7 cm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş ve bitki boyuna genotipin etkisinin çok önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). En kısa bitki boyu 145,7 cm ile Hat 6'da belirlenmiş bunu artan sırayla 154,4 cm ile Aslım 95 ve 157,8 cm ile Hat 2 izlemiştir ve aralarındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. Diğer taraftan en uzun bitki boyu sırasıyla 168,8 cm ile tetraploid formunda elde edilmiştir. Kabak ve Akçura (2017) Aslım 95 çavdar çeşidi ve Bingöl ilinden toplamış oldukları 80 tane yerel çavdar popülasyonlarında Çanakkale ekolojik koşullarında yapmış oldukları çalışmalarında çavdar genotiplerinin bitki boyunun 120,91-146,47 cm arasında değiştiğini ve bitki boyu bakımından genotipler arasında farklılıkların istatistiksel bakımdan önemli olduğunu bildirmişlerdir. Bu bulgular çalışmamızda elde edilen bulgularla uyumludur. Yine aynı araştırmacıların Aslım 95 genotipinde elde ettikleri bulgular (130,69 cm) ile Öztürkci (2009) tarafından Van koşullarında farklı ekim sıklığı ve tohum miktarının etkilerini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada Aslım 95 ait bulgular (120,86 cm ile 128,13 cm ) bizim çalışmamızda da kullandığımız Aslım 95 genotipine ait bulgularla (127,3 cm) uyumludur. Buğdayda yapılan araştırmalarda bitki boyu bakımından genotipler arasındaki farklılıkların en önemli nedenlerin vejetatif dönem uzunluğu, internod sayısı ve internod uzunluğu olduğu bildirilmiştir (Soylu ve ark., 1999; Çağlar ve ark., 2006).

Metrekaredeki başak sayısı tane verimini etkileyen önemli verim unsurlarından biridir (Darwinkel, 1977). Genotiplerin ortalaması olarak m<sup>2</sup>'deki başak sayıları 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında sırasıyla 386,6 ve 482,1 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Sencar ve ark. (1998) Tokat Artova ekolojik koşullarında yapmış olduğu çalışmada çavdar popülasyonunun m<sup>2</sup>'deki başak sayısının yıllara göre değiştiğini ve birinci yıl 886,7 adet, ikinci yıl ise 532,7 olarak belirlemiştir. Bu araştırma sonucunda elde edilen bulgularla bizim çalışmamızda elde edilen bulgular farklılık göstermektedir. Bunun muhtemel nedeni araştırmalarda kullanılan genotiplerin ve ekolojik koşulların farklı olmasından olabilir. Genotiplere göre kardeşlenme derecesinin ve fertil kardeşlerin hasada

kadar devam etme yeteneğinin değişmesi genotiplerin m<sup>2</sup>'deki başak sayılarında farklılıklara neden olmaktadır (Öztürk, 1999; Çağlar ve ark., 2006; Valério ve ark., 2009). Yılların ortalamasına göre m<sup>2</sup>'deki başak sayısı 394,2-451,7 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 2). Denemede m<sup>2</sup>'deki başak sayısı en fazla 451,7 ile Hat 7'de elde edilmiş, bunu sırasıyla 447,5 ile Tetraploid, 441,7 ile Hat 6 ve Hat 5 genotipi izlemiştir. m<sup>2</sup>'deki en az başak sayısı 394,2 ile Hat 1'den elde edilmiştir. Öztürkci (2009) m<sup>2</sup>'deki başak sayısını bizim ekim normumuzda ve sıra aralığında Aslım 95 genotipinde 322,00 olarak bulmuştur. Bu sonuçlar bizim çalışmamızda elde edilen bulgulardan (399,7 adet) oldukça düşüktür. Bizim sonuçlarımızdan farklı olarak mevcut araştırmada elde edilen sonuçların daha düşük olmasının muhtemel nedeni tohumlarının çimlenme ve çıkışlarında meydana gelen aksaklıklardan kaynaklanmış olabilir.

### 3.3. Başaktaki Tane Sayısı ve Bin Tane Ağırlığı

Genotiplerin ortalaması olarak başaktaki tane sayıları 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında sırasıyla 32,43 ve 37,50 olarak belirlenmiştir. Yılların ortalamasına göre başaktaki tane sayısı 29,13-39,30 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Denemede en yüksek başaktaki tane sayısı 39,28 ile Aslım 95 ve 39,30 ile Hat 5'ten elde edilmiş, bunu azalan sırayla 37,25 ile Hat 2 ve 36,03 ile Hat 1 izlemiştir. Diğer tarafta denemede kullanılan çavdar genotiplerinden en az başakta tane sayısına 29,13 ile tetraploid formu sahip olmuştur. Kabak ve Akçura (2017) Çanakkale ekolojik koşullarında yapmış olduğu çalışmada genotiplerin başaktaki tane sayısının 26,64-66,14 arasında değiştiğini ve bu özellik üzerine genotipin etkisinin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Diğer taraftan, Stepien ve ark. (2016) Polonya Tomaszkowo şartlarında çavdarda yürütmüş olduğu çalışmada başaktaki tane sayısını 47,7 adet olarak belirlemiştir. Başaktaki fertil başakçık ve çiçek sayısının genotiplere göre değişmesi, başaktaki tane sayısı bakımından genotipler arasında önemli farklar oluşmasına neden olmaktadır (Öztürk, 1999). Öztürkci (2009) Van koşullarında yapmış olduğu çalışmada Aslım 95 genotipinde başaktaki tane sayısını 37,76 olarak belirlemiştir. Diğer taraftan, Kabak ve Akçura (2017) Çanakkale ekolojik koşullarında Aslım 95 genotipinde başaktaki tane sayısını 40,73 olarak belirlemiştir. Bu sonuçlar çalışmamızda elde edilen sonuçlardan daha yüksektir.

Genotiplerin ortalaması olarak 1000 tane ağırlıkları 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında sırasıyla 33,73 ve 33,99 olarak belirlenmiştir. Yılların ortalamasına göre 1000 tane ağırlıkları 31,23-38,46 g arasında değiştiği belirlenmiştir. Denemede, en yüksek 1000 tane ağırlığı 38,46 g ile çavdarın tetraploid formundan elde edilmiştir (Çizelge 3). Bunun muhtemel nedeni bu genotipin poliploid seviyede olmasındandır. Diploid ve poliploid bitkiler arasında morfolojik, fizyolojik, hücresel ve

biyokimyasal açıdan farklılıklar vardır. Poliploit bitkiler daha büyük yapraklar, daha büyük çiçekler ve meyvelerle sonuçlanan diploit hücrelerden daha büyük hücrelere ve stomalara sahiptir. Autotetraploitler genellikle daha fazla vejetatif yoğunluğa ve tohum ağırlığına sahiptir (Yıldız, 2013). Diğer taraftan en düşük 1000 tane ağırlığı 31,23 g ile Hat 1 ve 31,89 g ile Hat 7'ten elde edilmiştir. Genotipler arasındaki farkın nedeni olarak Öztürk ve Akkaya (1996) tane ağırlığının tane dolum süresi ve tane dolum oranının ortak bir fonksiyonu olduğunu ve bu karakterler yönünden genotiplerin farklılık göstermesi, 1000 tane ağırlığı yönünden de önemli genotipik farklılıklara neden olduğunu bildirmişlerdir. Kabak ve Akçura (2017) çavdar genotiplerinin başaktaki tane sayısını 26,64-66,14 arasında değiştiğini; Stepien ve ark. (2016) ise çavdarda yapmış olduğu çalışmada 1000 tane ağırlığını 32,5 g olarak belirlemiştir. Bu bulgular çalışmamızla uyum içindedir. Diğer taraftan Sencar ve ark. (1998) yapmış oldukları çalışmalarında ürün yıllarına göre 1000 tane ağırlığının değiştiğini ve bu değerlerin iki yılın ortalamasına göre 27,6 g olduğunu bildirmişlerdir.

### 3.4. Tane Verimi ve Biyolojik Verim

Genotiplerin ortalaması olarak tane verimleri 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında sırasıyla 320,4 ve 343,8 kg da-1 olarak belirlenmiştir. Yılların ortalamasına göre tane verimleri 294,0-383,2 kg da-1 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4). Denemede, en yüksek tane verimi sırasıyla 383,2 kg da-1 ile tetraploit ve 373,5 kg da-1 ile Hat 2 genotiplerinden elde edilmiş ve aralarındaki fark önemsiz olarak bulunmuştur. Kuru tarım koşullarında yüksek verim ve istikrarlı tahıl üretimi için erken ve iyi bir fide tesisi esastır. Çünkü gelişme dönemi başlangıcındaki toprak suyu yetersizliği çimlenme, çıkış, fide gelişmesi ve fide tesisini azaltmak suretiyle tane verimini önemli ölçüde sınırlamaktadır (Richards ve ark., 2002). Diğer taraftan, Gebeyehou ve ark. (1982) ve Puri ve ark., (1982), m<sup>2</sup>'deki başak sayısı, başaktaki tane sayısı ve başakta tane ağırlığının bir sonucu olarak tane veriminin ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Diğer taraftan tetraploit formun tane veriminin yüksek olmasının nedeni tane dolum süresinin uzun olmasından kaynaklanmış olabilir. Darwinkel (1997) tane dolum süresinin tane ağırlığı ile yakın ilişkili olduğunu ve yüksek tane ağırlığının, başak ve yaprakların daha uzun süre yeşil kalması ile mümkün olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, denemede en düşük tane verimi 294,0 kg da-1 ile Hat 6, 295,0 kg da-1 ile Hat 3 ve 299,8 kg da-1 ile Hat 6'da elde edilmiş ve aralarındaki farklar önemsiz bulunmuştur. Tane verimini etkileyen önemli faktörleri (fotosentez, fotosentez ürünlerinin taşınımı ve depolama) büyük ölçüde etkileyen faktör genotipin kalıtsal yapısıdır (Sakin ve ark., 2004). Kabak ve Akçura (2017) Çanakkale ekolojik koşullarında yapmış olduğu çalışmada çavdar genotiplerinin tane verimini 93-341 kg da-1 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu

sonuçlar araştırmamızda elde edilen sonuçlarla uyum içinde olduğu söylenebilir. Yine elde ettiğimiz bulguların aşağı ancak yakın miktarlarında Sencar ve ark., (1998) Tokat Artova ekolojik şartlarında çavdar popülasyonunun tane verimini 1. yıl için 295,0 kg da-1; ikinci yıl ise 257,2 kg da-1 olarak belirlemiştir. Diğer taraftan, Stepien ve ark. (2016) Polonya ekolojik koşullarında elde ettiğimiz bulguların çok üzerinde tane verimi (840 kg da-1) elde etmişlerdir.

Genotiplerin ortalaması olarak biyolojik verimleri 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında sırasıyla 1342,3 ve 1436,4 kg da-1 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Kuru madde üretimi ve biyolojik verim yönünden genotipler arasındaki farklılıkların nedeni olarak birim alandaki bitki sayısı, bitki boyu, yaprak alanı, vejetasyon süresi ve su kullanım etkinliği gibi çok sayıda morfolojik ve fizyolojik karakterdeki farklılıklar gösterilebilir (Bogale and Tesfaye, 2011; Nawaz ve ark., 2013). Denemede, en yüksek biyolojik verim 1487,4 kg da-1 ile çavdarın tetraploit formundan elde edilmiştir. Poliploitlerde kromozom sayısının artması bitkinin çeşitli organlarında artışa neden olmaktadır. Çok yıllık çavdarda (*Secale montanum* Guss.) tetraploitlerin diploitlerden daha fazla yeşil ve kuru ot verimine sahip olduğu belirlenmiştir (Akgün ve ark., 1999). Diğer taraftan denemede en düşük biyolojik verim 1307,7 kg da-1 ile Hat 1, 1329,6 kg da-1 ile Hat 7 ve 1340,9 kg da-1 ile Hat 3 genotiplerinden elde edilmiştir.

### 3.5. Hasat indeksi ve Ham Protein Oranı

Genotiplerin ortalaması olarak hasat indeksleri 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında sırasıyla %23,83 ve %23,94 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5). Öztürkci (2009) Van koşullarında Aslın 95 genotipi ile yapmış oldukları çalışmada hasat indeksini %25,06 olarak belirlemişlerdir. Bu bulgu araştırmamızda elde edilen bulgularla uyumludur. Hasat indeksi çiçeklenme öncesi ve çiçeklenme sonrası gelişme süreçleri ve çevre koşulları tarafından etkilenmekte ve bu çevre koşullarına genotiplerin tepkisinin farklı olması genotiplerin hasat indeksinin farklı çıkmasına neden olmuştur. Denemede, en yüksek hasat indeksi %26,32 ile Hat 2 ve 26,07 ile Hat 7 genotiplerinden elde edilmiş ve bu iki genotip arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmamıştır. En düşük hasat indeksi ise %21,50 ile Hat 6'da tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Genotiplerin ortalaması olarak ham protein oranları 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında sırasıyla %8,70 ve %7,75 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5). Şentürk (2013) Isparta koşullarında yaptığı çalışmada tritikalede ham protein oranının %8,86-10,76 arasında değiştiğini bildirmiştir. Tayyar ve Kahrıman (2016) Biga şartlarında 7 tritikale genotipini kullanarak yaptıkları çalışmada ham protein oranının %9,8-12,0 arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda da benzer bulgulara rastlanmıştır. Denemede, en yüksek ham protein oranı %10,63 ile tetraploid formdan elde edilmiş; en düşük ham protein oranına ise %7,72 ile Hat 7, %7,60 ile Hat 1, %7,33 ile Hat 5 ve % 7,25 ile Aslın 95 genotipleri sahip olmuş ve bu genotipler

arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur (Çizelge 5). Poliploid tahıl bitkileri daha yüksek protein oranına ve daha büyük tohuma sahip olmaları nedeniyle ekmek yapımında ve hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır (İlarslan ve İnceoğlu, 1990).

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bazı çavdar genotiplerinin Erzurum kuru tarım koşullarına adaptasyonunun araştırıldığı bu çalışmada en uzun vejetatif dönem, en uzun tane dolun süresi, en uzun bitki boyu, en yüksek 1000 tane ağırlığı, en yüksek tane verimi, en yüksek biyolojik verim ve en yüksek ham protein oranı tetraploid çavdar formunda, m<sup>2</sup>'deki en fazla başak sayısı ve en yüksek hasat indeksi Hat 7 ve tetraploid formunda, en yüksek başaktaki tane sayısı ise tetraploid formunda ve Hat 5'te belirlenmiştir. Poliploid bitkiler ekstrem koşullara daha kolay adapte olma özelliğine sahiptirler. Ayrıca daha yüksek protein oranına ve daha büyük tohumlara sahip olması poliploid bitkileri öne çıkarmaktadır (İlarslan ve İnceoğlu, 1990). Bu nedenle Erzurum'un iklimi, coğrafik faktörleri ve bölgedeki hayvancılık dikkate alındığında birçok özellik bakımından ilk sırada yer alan çavdarın tetraploid formunun, diğer tahıl türlerinin yetişemeyeceği elverişsiz alanların değerlendirilmesinde kullanılabilir potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.

#### KAYNAKLAR

- Akgün, İ., Tosun, M., Sağsöz, S. and Taşpınar M., 1999. The effect of cutting frequency and height on the hay yield and some chemical characteristics of hay in diploid and tetraploid perennial rye (*Secale montanum* Guss.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (4), 1011-1020
- Anonim, 2020. *Bütünsel Üretim İstatistikleri*, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi: 25 Kasım 2020)
- Anonymous, 2020. FAOSTAT Database, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim tarihi: 25 Kasım 2020)
- Bogale, A. and Tesfaye, K., 2011. Relationship between Kernel ash content, water use efficiency and yield in Durum Wheat under water deficit induced at different growth stages. *African Journal of Basic and Applied Sciences*, 3, 80-86
- Comai, L., 2005. The advantages and disadvantages of being polyploid. *Nature reviews genetics* 6 (11), 836
- Çağlar, Ö., Öztürk, A. ve Bulut, S., 2006. Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin Erzurum ovası koşullarına adaptasyonu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37 (1), 1-7
- Darwinkel, A., 1977. Effect of sowing date and seed rate on crop development and grain production of winter wheat. *Neth. J. Agric. Sci.*, 25, 83-94
- Gebeyehou, G., Knott, D. and Baker, R., 1982. Relationships among Durations of Vegetative and Grain Filling Phases, Yield Components, and Grain Yield in Durum Wheat Cultivars 1. *Crop science*, 22(2), 287-290

- İlarslan, İ. H. ve İnceoğlu, Ö. T. D. (1990). Diploid ve tetraploid çavdar (*Secale cereale* L.) bitkisinin morfolojik, sitolojik ve palinolojik yapılarının karşılaştırması (Doktora tez, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı).
- Kabak, D. ve Akçura, M., 2017. Bingöl ilinden toplanan yerel çavdarlarda tane verimi ve bazı özellikler arasındaki ilişkilerin biplot analizi ile incelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), 227-235
- Landberg R., Kamal-Eldin A., Salmenkallio-Marttila M., Rouau X. and Aman P., 2008. Localization of alkylresorcinols in wheat, rye and barley kernels. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 401-406
- Laskowski W., Górski-Warszewicz H., Rejman K., Czacotko M. and Zwolińska J., 2019. How Important are Cereals and Cereal Products in the Average Polish Diet? *Nutrients*, 11(3), 679
- McKevith B., 2004. Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin* 29:111-142
- Nawaz, A., Farooq, M., Cheema, S.A., Yasmeen, A. and Wahid, A., 2013. Stay green character at grain filling ensures resistance against terminal drought in wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(6), 1272-1276
- O'Neil C.E., Nicklas T.A., Zanovec M. and Cho S., 2010. Whole-grain consumption is associated with diet quality and nutrient intake in adults: the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2004. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(10), 1461-1468
- Öztürk, A. ve Akkaya, A., 1996. Kışlık buğday genotiplerinde (*Triticum aestivum* L.) tane verimi, verim unsurları ve fenolojik dönemler üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 27(2), 187-202
- Öztürk, A. ve Akten, Ş., 1999. Kışlık buğdayda bazı morfofizyolojik karakterler ve tane verimine etkileri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23(2), 409-422
- Öztürk, A., 1999. Kuraklığın kışlık buğdayın gelişmesi ve verimine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(1), 531-540
- Öztürkci, Y., 2009. Çavdar (*Secale cereale* L.)'da farklı sıra aralıkları ve tohum miktarlarının verim ve bazı verim öğelerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Van*
- Puri, Y., Qualset, C. and Williams, W., 1982. Evaluation of yield components as selection criteria in barley breeding 1. *Crop Science*, 22(5), 927-931
- Ranney, T.G., 2006. Polyploidy: From evolution to new plant development, *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society*, 56, 137-142
- Richards, R., Rebetzke, G., Condon, A. and Van Herwaarden, A., 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop science*, 42(1), 111-121
- Sakin, M.A., Yıldırım, A. ve Gökmen, S., 2004. Tokat Kazova koşullarında bazı makarnalık buğday genotiplerinin verim, verim unsurları ile kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(4), 481-489
- Schlegel R.H., 2013. *Rye: genetics, breeding, and cultivation* Crc Press, Boca Raton
- Sencar, Ö., Gökmen, S., Sakin, M. A., ve Aslan, İ., 1998. Tokat artova koşullarında triticale, buğday ve çavdarın verim ve verim unsurları üzerinde bir araştırma. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1998 (1)

- Soylu, S., Topal, A., Sade, B. ve Akgün, N., 1999. Konya şartlarında bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. *SÜ Ziraat Fak. Dergisi*, 13, 60-73
- Stebbins Jr, G.L., 1947. Types of polyploids: their classification and significance, *Advances in genetics*, Elsevier, 1, 403-429
- Stepien, A., Wojtkowiak, K., Pietrusiewicz, M., Sklodowski, M. and Pietrzak-Fiecko, R., 2016. The yield and grain quality of winter rye (*Secale cereale* L.) under the conditions of foliar fertilization with micronutrients (Cu, Zn and Mn). *Polish Journal of Natural Sciences* 31(1)
- Şentürk, Ş. (2013), Bazı Triticale Hatlarından Çeşit Geliştirme Olanaklarının Araştırılması.. Süleyman Demire Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 46-47
- Tayyar, Ş., ve Kahrıman, F., 2016. Biga şartlarında yetiştirilen tritikale genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (2), 23-31
- Valério, I.P., Carvalho, F.I.F.d., Oliveira, A.C.d., Benin, G., Souza, V.Q.d., Machado, A.d.A., Bertan, I., Busato, C.C., Silveira, G.d. and Fonseca, D.A.R., 2009. Seeding density in wheat genotypes as a function of tillering potential. *Scientia Agricola*, 66(1), 28-39
- Yağbasanlar, T. ve Genç, İ., 1987. Çukurova'nın taban ve kıraç koşullarında farklı ekim tarihlerinde yetiştirilen değişik kökenli yedi triticales çeşidinin başlıca tarımsal ve kalite özellikleri üzerinde araştırmalar. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Adana*
- Yamada M., Asakura K., Sasaki S., Hirota N., Notsu A., Todoriki H., Miura A., Fukui M. and Date C., 2014. Estimation of intakes of copper, zinc, and manganese in Japanese adults using 16-day semi-weighted diet records. *Asia Pacific Journal Of Clinical Nutrition*, 23(3), 465-472
- Yıldız, M., 2013. Plant responses at different ploidy levels. *Current progress in biological research. InTech, Rijeka*, 363-385





## **ZEHİRLİ ARTHROPODLAR: AKREPLER, ÖRÜMCEKLER, BÖCEKLER VE ÇIYANLAR**

**Ebubekir YÜKSEL<sup>1\*</sup>, Salih TAŞÇI<sup>1</sup>, Ramazan CANHİLAL<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi, 38039, Melikgazi/Kayseri

\*sorumlu yazar: [ebubekiryuksel@erciyes.edu.tr](mailto:ebubekiryuksel@erciyes.edu.tr)

Derleme

### **Yayın Bilgisi**

Geliş Tarihi: 15.10.2020

Revizyon Tarihi: 01.12.2020

Kabul Tarihi: 14.12.2020

### **Anahtar Kelimeler**

Böcek ısırması, Böcek sokması, Zehirli böcekler, Zehirli örümcekler

### **Keywords**

Insect bites, Insect sting, Poisonous insects, Poisonous spiders

### **Özet**

Arthropodlar yeryüzünde bulunan canlılar arasında hayatta kalma ve neslini devam ettirme bakımından en başarılı organizmalar arasında görülmektedir. Bu başarıya arthropodların avlanma ve savunma amaçlı kullandıkları bazı zehirli bileşiklerin oldukça ciddi bir katkısı olmuştur. Her yıl dünyanın birçok yerinde insanlar zehirli arthropodlarla farklı şekillerde etkileşime girmekte ve bunun sonucunda bu arthropodlar tarafından klinik tedaviye ihtiyaç duyacak şekilde zarar görmektedirler. Bu durumun ortaya çıkmasında birçok insanın doğadaki organizmaları yeterince iyi tanınamaması ve onların yaşam alanlarını işgal etmesi gibi sebepler bulunmaktadır. Bu derleme çalışması ile insanlar için tehlikeli olabilecek zehirli arthropodlara yönelik genel bir bilgi verilmeye çalışılmıştır.

### **Poisonous Arthropods: Scorpions, Spiders, Insects and Centipedes**

#### **Abstract**

Arthropods are considered to be among the most successful organisms in terms of survival and continuing the generation among living things on earth. Some poisonous compounds that arthropods use for hunting and defense purposes have contributed significantly to this success. Each year, in many parts of the world, people interact with venomous arthropods in different ways and as a result, they get hurt by these arthropods that require clinical treatment. There are different reasons for this situation such as organisms in nature are not well known by people and occupation of their habitats by people. In this review, general information about poisonous arthropods that may be dangerous for humans has been outlined.

## 1. GİRİŞ

Arthropodlar yeryüzünde oldukça geniş bir alanda yaşamaktadırlar. Bugün yeryüzünde var olan hayvan türlerinin yaklaşık %85'i bu şube içerisinde yer almaktadır. Arthropoda (Eklembacaklılar) şubesi içerisinde birçok farklı sınıf bulunmaktadır ve bu şubenin üyeleri kitin içeren bir dış iskelete sahip olmaları, bilateral simetri göstermeleri ve vücutlarının segmentlerden oluşması gibi birtakım morfolojik benzerlikler göstermektedirler. Arthropoda şubesi, Chelicerata (Keliserliler), Myriapoda (Çok bacaklılar), Crustacea (Kabuklular) ve Hexapoda (altı bacaklılar) olmak üzere 4 alt şubeye (Subphyla) ayrılmaktadırlar (Alexander, 1984; Goddard, 1999; Cardoso ve ark., 2009; Giribet ve Edgecombe, 2012).

Yapılan araştırmalar arthropodların günümüzden 250 milyon yıl önceki Permiyen Dönemi'nde dahi var olduklarını göstermektedir (Priest ve Dewar, 2000). Arthropodların yeryüzündeki dağılımı ve varoluşu adaptasyon kabiliyetlerinin yüksek olması ile yakından ilgilidir. Arthropodlar yaşadıkları habitatlara farklı şekillerde adaptasyon göstererek varlıklarını devam ettirmişlerdir. Bu adaptasyon türlerinden bazıları da savunma mekanizmasında gerçekleşmiştir. Bu arthropodlar savunma mekanizmalarını geliştirerek doğal düşmanlarına karşı vücutlarında bazı toksik maddeleri tükettikleri besinlerden alarak veya zehir bezleri aracılığıyla salgılayarak depolamışlar ve toksinleri tehlike anında savunma ve avlarını yakalayıp beslenmek içinde aktif bir şekilde kullanmışlardır (Cardoso ve ark., 2009; Giribet ve Edgecombe, 2012; Sheikh ve ark., 2017; Heckel, 2018). Arthropodlar evrimsel süreçlerine bağlı olarak toksin ve zehirlerin iletim sistemlerini vücutlarının değişik bölgelerinde barındırmışlardır. Örneğin toksinleri ve zehirleri ileten organlar örümceklerde ağız bölümünde, bazı lepidopterlerde (Pul kanatlılarda) vücudu saran kıllar şeklinde dış yüzeyde, centipedlerde (Çıyanlarda) farklılaşmış ön bacaklarda ve akrelerde ise vücudun sonunda yer alan kuyruk ucunda yer almıştır (Şekil 1) (Goddard, 1999; Cardoso ve ark., 2003; Giribet ve Edgecombe, 2012). Arthropodlarda zehirli maddenin ağız parçaları ile iletilmesi durumunda buna "ısıрма" adı verilirken sokma terimi daha çok vücut sonunda yer alan bir iğne gibi organ aracılığıyla zehrin iletilmesini ifade etmektedir. Arthropodların ağız gibi beslenme organlarında yer alan zehirli maddeler avlanma

stratejisi içerisinde aktif bir şekilde kullanıldıklarından dolayı genellikle bu zehirli salgılar avlarında paralyze, doku tahribatına ve ölüme neden olmaktadır. Böceklerin posterior bölgesinde yer alan zehirli iğneler ve uzantılar ise arthropodlar tarafından daha çok savunma amaçlı kullanılmaktadır. Bu zehirli bileşikler anında keskin bir acı verebilmektedir ve genellikle ölümcül değildirler (Vetter ve Visscher, 1998). Zehirli örümcekler ve akrepler, Chelicerata alt şubesi içerisinde Arachnida sınıfında yer almaktadırlar ve farklı bölgelerdeki biyoçeşitliliğe göre değişmekle beraber dünya genelinde zehirli arthropodlar arasında insanlara en çok zarar veren grubu oluşturmaktadırlar. Chelicerata içerisinde Acari, Araneae, Scorpiones ve Psudoscorpiones familyaları zehirli türler içermektedir (Haddad ve ark., 2012a, b; Haddad ve ark., 2015). Myriapoda alt şubesinde yer alan Chilopoda ve Diplopoda (Centipedler ve milipedler) sınıfları da insanlar için tehlikeli bir diğer grubu oluşturmaktadır. Hexapoda (Altı bacaklılar) altşubesinde yer alan Coleoptera (Kıncanatlılar), Hemiptera (Yarım kanatlılar), Hymenoptera (Zar kanatlılar), Neuroptera (Sinir kanatlılar) ve Lepidoptera (Pul kanatlılar) takımları zehirli böcek türlerini içermektedir (Alexander, 1984; Goddard, 1999; Walker ve ark., 2016; Villas-Boas ve ark., 2018) İnsanların ve arthropodların yaşam alanları büyük ölçüde kesişmektedir ve arthropodların bazıları zararlı tür olarak adlandırılırken bazıları da yararlı tür olarak adlandırılmaktadır. Zararlı olarak adlandırılan ve zehirli olan türlerin çoğu insanları ısırıklarında ya da soktuklarında hipersensitiviteye (Aşırı duyarlılığa), hipertansiyona, ısırma ya da sokma yerlerinde dokularda alerjik reaksiyonlara, şişme, kabarma, kızarıklık, renk koyulaşması, doku iltihabı ve çürümeleri gibi rahatsızlara neden olabilmektedirler. Bazı durumlarda ölümcül de olabilmektedirler. Amerika'da 1950-1954 yılları arasında 86 kişinin zehirli hymenopterler tarafından ve 39 kişinin de zehirli örümcekler tarafından sokulması sonucunda hayatını kaybettiği rapor edilmiştir (Russell, 1961). Yine Amerika'da yapılan bir başka çalışmada yıl bazında en az 100.000 kişinin zararlı arthropodlar tarafından ısırıldığı ya da sokulduğu bildirilmektedir (Russell, 1961). İnsanlar ve zehirli arthropodlar çeşitli yaşam alanları içerisinde sık sık karşılaşmaktadırlar ve ortaya insan hayatını tehdit eden sonuçlar çıkabilmektedir. Bu derleme çalışmasında insanlar için zehirli olan arthropodlar hakkında genel bir bilgi verilmesi amaçlanmıştır



Şekil 1. Farklı arthropodlara ait zehir iletim yolları; A: Myriapoda; B,E: Chelicerata; C, D,F: Hexapoda (Wikipedia, 2020).

## 2. TEHLİKELİ ARTHROPOD GRUPLARI

### SUBPHYLUM (Altşube): Chelicerata (Keliserliler)

#### Sınıf: Arachnida

##### Akrepler

Zararlı arthropodların sokması sonucunda meydana gelen zehirlenmelerde ilk sırada genellikle akrepler yer almaktadır. Akreplerin şimdiye kadar yaklaşık 2408 kadar türü tanımlanmıştır ve bu türlerin sadece yaklaşık %2'si (50 tür) insanlar için tehlikeli olarak bilinmektedir (Sadık ve ark., 2003; Bawaskar, 2005; Özkan ve Kat, 2005; Adıgüzel ve ark., 2007; Ozkan ve ark., 2008; Yakıncı ve ark., 2015; Herzig, 2019). Ülkemizde bu tehlikeli türlerin 13 tanesinin bulunduğu ve bu türler içerisinde 4 türün diğer türlere göre çok daha ölümcül olabileceği bildirilmektedir (Söker ve Haspolat, 2000; Kekeç ve ark., 2003; Kurt ve ark., 2004; Ozkan ve ark., 2008). Bu türler, *Leiurus abduhbayrami*, *Androctonus crassicauda*, *Mesobuthus gibbosus* ve *Mesobuthus eupeus* türleridir (Şekil 2). Bu türler içerisinde en zehirli türün *Leiurus abduhbayrami* olduğu ve ardından *Androctonus crassicauda* geldiği bilinmektedir. Akrep sokması vakalarının yarısından fazlasının Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde olduğu ve daha çok yaz aylarında vakaların görüldüğü rapor edilmiştir (Söker ve Haspolat, 2000; Kekeç ve ark., 2003; Kurt ve ark., 2004; Adıgüzel ve ark., 2007; Özkan ve ark., 2008; Uluğ ve ark., 2012). Tüm akrep türlerinin zehirli olduğu ve akrep sokmalarında, kişinin yaşına, kilosuna, sokulan bölgeye ve vücuda enjekte edilen doz miktarına bağlı olarak hayati tehlike oluşturabilecek komplikasyonların gelişebileceği bildirilmektedir (Kurt ve ark., 2004; Bosnak ve ark., 2009; Yakıncı ve ark., 2015). Akrep sokması sonucunda sokulan bölgede şiddetli lokal ağrılar, yüksek ateş ve kızarma, yoğun terleme, ağız suyu akıntısı, karın bölgesinde kramp, hipotermi ve hipertansiyon gibi rahatsızlıklar oluşabilmektedir. Ölümle sonuçlanan vakalar genellikle çocuklarda ve bağışıklığı zayıf yaşlı bireylerde görülmektedir. Akrep sokması vakaları en çok 4-15 yaş aralığındaki çocuklarda görülmektedir ve genellikle çocukların boyun, göğüs, koltuk altları ve el üzerinden sokulduğu bildirilmiştir. Çocuklarda akrep sokması sonucu meydana gelen ölüm oranı ise % 5 ila 8 arasında değişmektedir. Akrep sokmalarında ilk 24 saatteki antiserum uygulamasının hayati tehlikeyi büyük ölçüde azalttığı bildirilmektedir (Kekeç ve ark., 2003; Kurt ve ark., 2004; Adıgüzel ve ark., 2007; Bosnak ve ark., 2009; Yakıncı ve ark., 2015).



Şekil 2. Türkiye'deki en tehlikeli akrep türlerinden bazıları. A: *Mesobuthus eupeus* (Doğu sarı akrebi); B: *Mesobuthus gibbosus* (Anadolu sarı akrebi); C: *Leiurus abduhbayrami* (Sarı akrep); D: *Androctonus crassicauda* (Kara akrep) (Wikipedia, 2020a,b).

##### Örümcekler

Günümüzde 500.000 üzerinde örümcek türü tanımlanmıştır ve Uloboridae ve Arachnidae familyalarına ait türler hariç diğer tüm türlerde zehir bezlerinin bulunduğu bilinmektedir. İnsanlar için tehlikeli olabilecek tür sayısının ise yaklaşık 100 tür olduğu bildirilmektedir (Vetter ve Visscher, 1998; Haddad ve ark., 2012a; Herzig, 2019). Örümcek sokmalarının çoğunun yatak odasında insanlar uyurken ya da giyinirken gerçekleşmektedir. Örümcek zehirleri nörotoksik ve nekrotoksik etkilere sahiptir. Nörotoksinler paralize (felç) neden olurken nekrotoksinler dokularda yaralara ve doku tahribatına neden olmaktadır. Örümcek sokması sonucu bireylerde hipertansiyon, bulantı, kusma ve nefes darlığı gibi semptomlar görülmektedir (Cardoso ve ark., 2003; Haddad ve ark., 2012a,b; Haddad ve ark., 2015). *Latrodectus* cinsine ait olan karadul örümcekleri dünyadaki en zehirli örümcek türleri olarak bilinmektedir. Bu örümcekler ağlarını kulübelere, kümeslere ve taşlara üzerine örmeğe dirler. Akdeniz Karadul Örümceği olarak bilinen *Latrodectus tredecimguttatus*'un ülkemizde Ankara ve İstanbul'da görüldüğü bildirilmiştir. *Steatoda grossa*'nın ülkemizde hemen hemen her yerde görülebileceği ve *Loxosceles rufescens*'in ise Mardin, Muğla, Hatay ve Kahramanmaraş'ta bulunduğu rapor edilmiştir (Bayram ve ark., 2007). Örümceklerin tür sayısına ve bütün türlerin zehirli olmasına bağlı olarak toksin ve zehirli maddelerin çeşitliliği örümceklerde daha çoktur. Bu nedenle örümcek sokma vakalarında hastanın doğru şekilde tedavi edilebilmesi için örümcek türünün doğru teşhis edilmesi oldukça önemlidir (Cardoso ve ark., 2003; White ve Meier, 2017).



Şekil 3. Türkiye'deki en zehirli örümcek türlerinden bazıları. A: *Latrodectus mactans* (Karadul); B: *Latrodectus tredecimguttatus* (Akdeniz Karadul Örümceği); C: *Steatoda grossa* (Dolap örümceği); D: *Loxosceles rufescens* (Akdeniz Münzevi Örümceği) (Wikipedia, 2020a,b).

### SUBPHYLUM (Altşube): Hexapoda (Altıbacaklılar)

#### Sınıf: Insecta (Böcekler)

##### Takım: Lepidoptera (Pul Kanatlılar)

Kelebekler Lepidoptera takımı içerisinde yer almaktadır ve bu takım içerisinde yer alan bazı türlere ait larvaların ve ergin güvelerin zehirli bileşiklere sahip

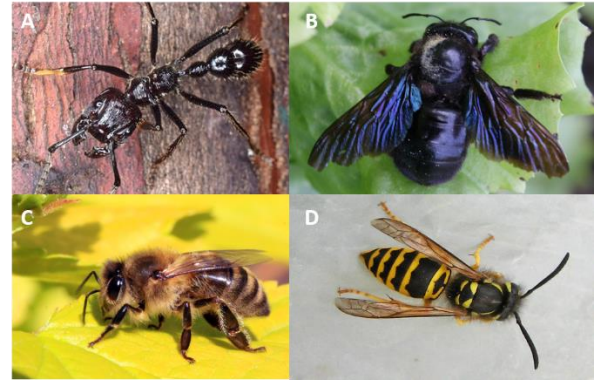
olduğu bilinmektedir. Saturniidae familyası içerisinde yer alan *Hylesia* cinsine ait larvaların vücut yüzeyini kaplayan kılların zehirli olduğu bilinmektedir (Cardoso ve ark., 1990; Moreira ve ark., 2007). Bu cinse ait türlerde populasyon ilkbahar ve sonbahar aylarında artmakta ve çevredeki ışık yayan evlere doğru hareket etmektedirler. Herhangi tehdit algıladıklarında ise bu kılları etrafa salarlar. Zehir içeren bu kıllar insan derisine saplanarak dermatitlere, gözlerde konjunktivitlere ve diğer bölgelerde kaşıntı, şişme ve kızarma gibi rahatsızlıklara sebep olur. Bu rahatsızlıklara neden olan ve en çok rapor edilen türler Megalopygidae, Erebidae, Notodontidae ve Saturniidae familyalarında yer almaktadır (Villas-Boas ve ark., 2018).



**Şekil 4.** Zehirli kıl içeren bazı türlere ait larvalar. A: *Leucanella memusae*; B: *Arctia caja* (Kaplan güvesi); C: *Lymantria dispar* (Çingene güvesi); D: *Thaumetopoea pityocampa* (Çam kese tırtılı) (Wikipedia, 2020a,b).

#### Takım: Hymenoptera (Zar Kanatlılar)

Arılar ve karıncalar bu takım içerisinde yer almaktadır ve Apidae (Bal arıları), Vespidae (Yaban arıları) ve Formicidae (Karıncalar) familyaları en zehirli türleri içermektedir. *Paraponera* ve *Dinoponera* cinslerine bağlı türler karıncalar içerisinde en zehirli türler olarak bilinmektedir. Bu karıncaların yanı sıra ateş karıncaları olarak bilinen *Solenopsis invicta* türünün de oldukça zehirli olduğu bilinmektedir. Her iki tür Amerika kıtasında ve Brezilya’da bulunmaktadır. Arılar abdomen sonunda sivri çengel uçlu bir iğneye sahiptir ve birden fazla arının sokması durumunda bu iğneler ölümcül olabilmektedir. Vespidae familyasında yer alan yaban arıları ardı ardına birden fazla sokabilmekte ve daha fazla zehir enjekte edebilmektedir. Amerika’da 1999-2007 yılları arasında Hymenopter böceklerin neden olduğu yıllık ölüm sayısının 79 olduğu ve söz konusu yıllar arasında hymenopter kaynaklı ölümlerin, hayvan kaynaklı ölümlerin %28’ini oluşturduğu rapor edilmiştir (Forrester,ve ark., 2012; Haddad ve ark., 2012a,b; Haddad ve ark., 2015).



**Şekil 4.** Hymenoptera içerisinde yer alan bazı zehirli türler. A: *Paraponera clavata* (Mermi karıncası); B: *Xylocopa violacea* (Oduan arısı); C: *Apis mellifera* (Bal arısı); D: *Vespula maculifrons* (Yaban arısı) (Wikipedia, 2020a,b).

#### Takım: Coleoptera (Kın Kanatlılar)

Kınkanatlılar olarak bilinen bu takım içerisinde *Paederus* cinsine ait türler insan derisini tahriş eden, kaşıntı ve kızarıklıklara neden olan pederin toksini içermektedirler. Ayrıca Meloidae familyasında yer alan *Lytta* ve *Epicauta* cinsleri cantharidin adlı toksin üretmektedirler. Bu böceklerin ışıklara doğru yönelmeleri ve evlere girmeleri sonucunda vakalar meydana gelmektedir. Bu böceklerin sokmaları sonucunda sokulan bölgede yoğun bir yanma ve kaşıntı ardından sokulan bireyde mide bulantısı, kusma ve yüksek ateş görülebileceği bildirilmektedir (Goddard, 1999; Haddad ve ark., 2015; Herzig, 2019).



**Şekil 5.** Bazı zehirli coleopter türleri. A: *Paederus* sp.; B: *Epicauta* sp. (Wikipedia, 2020a,b).

#### Takım: Hemiptera (Yarım Kanatlılar)

Bu takım içerisinde Pentotamidae, Belostatamidae ve Cimicidae familyaları insanlar için tehlikeli olabilecek türler içermektedir. Pentotamidae familyasına ait türler, pis koku böcekleri olarak da bilinirler ve insan derisini tahriş edebilecek kimyasallar içermektedirler. Belostatamidae familyası içerisinde *Lethocerus* ve *Belostoma* cinsine ait türler zehirli sucul türlerdir ve insanları sokmaları durumunda çok acı verici ağrılara neden olabilirler. Bu böcekler göl, nehir ve ırmak gibi alanlarda yaşarlar. Genellikle bu alanlarda yürüyen insanları ayaklarından sokmaları nedeniyle de İngilizcede “toe biter” olarak isimlendirilmişlerdir. Diğer böceklerle kıyasla oldukça büyüktürler ve 10 cm

uzunluğa erişebilirler. Bu takım içerisinde yer alan diğer bir zehirli tür ise ev tahtakurularıdır ve ev içerisinde yatak ve diğer mobilyaların etrafında saklanarak ve kan emerek beslenirler. Ev tahtakurularının saldırıları genellikle gece gerçekleşir ve ağız salgıları beslenme yerlerinde ağrı, kızarıklık, kaşıntı ve tahrişe sebep olur ve alerjik reaksiyonlar görülebilir (Haddad ve ark., 2012a; White ve Meier, 2017).



**Şekil 6.** A: *Belostoma bakeri* (Dev su böceği); B: *Nezara viridula* (Pis kokulu böcek); C: *Cimex hemipteras* (Ev tahtakurusu) (Wikipedia, 2020a,b).

### SUBPHYLUM (Altşube): MYRIAPODA (ÇOK BACAĞILAR)

Sınıf: Diplopoda (Kırkayaklar)

Milipedler olarak da bilinen Kırkayaklar her segmentinde iki çift bacak bulunan çok segmentli eklem bacaklılardır. Milipedler zehir içeren canlılardır ve tutulduklarında ya da sıkıldıklarında her vücut segmentinde bulunan lateral salgı bezlerinden zehirli cyanide ve quinone toksinlerini dışarıya salırlar. İnsanların yaşam alanlarına oldukça sık girerler ve karanlık yerlerde gizlenirler. Etkilenen bölgede yanmalara, iltihaplanmalara ve siyah-kahverengi lezyonlara neden olurlar. Alkol ya da etherin bu zehirli böceklerin içerdiği toksinleri çözücü nitelikte olmasından dolayı sokulan bölgeye uygulaması önerilmektedir (Vetter ve Visscher, 1998; Haddad ve ark., 2012a, b; Haddad ve ark., 2015).

Sınıf: Chilopoda (Çıryanlar)

Chilopoda sınıfı üyeleri genellikle karnivordurlar her ne kadar Diplopoda üyeleri ile benzerlik gösterebilirler de her segmentte 1 çift bacak bulunması ve kırkayaklara göre daha hızlı hareket etmeleri ile kolayca ayırt edilebilirler. Birinci çift bacaklarından salınan zehirli maddeleri hem kendilerini savunma hem de avlarını yakalamak amaçlı kullanılmaktadırlar. Bu sınıf içerisinde *Scolopendra* cinsi en zehirli türleri içermektedir ve dünyanın farklı bölgelerine yayılmış yaklaşık 80 türü bulunmaktadır. Bu türlerin zehrine maruz kalanlarda sokulan bölge ve etrafında şişme, kızarıklık, baş ağrısı, kalp çarpıntısı, bulantı ve kusma gibi semptomlar görülmektedir (Vetter ve Visscher, 1998; Haddad ve ark., 2012a, b; Haddad ve ark., 2015).



**Şekil 6.** Bazı çok bacaklı (Myriapoda) türleri. A: (Diplopoda) *Spirobolus walkeri*; B: (Chilopoda) *Scolopendra heros*. (Wikipedia, 2020a,b).

### Sonuç ve Öneriler

Her ne kadar arthropodlar insanlar tarafından tehlikeli olarak görülse de arthropodlar genellikle köşeye sıkıştırılmadığı, yakalanmadığı, zarar verilmediği ve kolonileri tehdit edilmediği sürece saldırgan değildirler ve insanlarla temas kurmaktan kaçınırlar. Fakat çeşitli etkileşimler sonucunda her yıl birçok insan zehirli arthropodların saldırısına maruz kalmakta ve maalesef bazen ölümcül sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuz ve istenmeyen sonuçların ortaya çıkmasının önlenmesi adına alınabilecek bazı basit önlemler bulunmaktadır. Bunlar;

- Doğada türünden emin olunmayan arthropodlarla temas kurmaktan kaçınılmalıdır. Ev içerisinde özellikle de kırsal alanlarda kıyafetler giyilmeden önce kontrol edilmeli ve çırpılarak içinde olması muhtemel arthropodların uzaklaştırılması sağlanmalıdır.
- Özellikle kırsal alanlarda ayakkabılar ve montlar giyilmeden önce kontrol edilmelidir.
- Kırsal alanlara çıkılmadan önce böcek repellentleri kullanılabilir.
- Eğer herhangi bir şekilde etkileşim sonrası arthropodun sokması ya da ısırması gerçekleşmişse, etkilenen bölgenin incelenmesi ve eğer arthropoda ait bir iğne varsa zehrin deri içerisine daha fazla enjekte olmasının engellenmesi amacıyla derhal bir cımbız vb. materyal yardımıyla çıkarılmalıdır.
- Etkilenen bölge su ve sabun ile temizlenmelidir ve ardından etkilenen bölgeye soğuk pansuman yapılarak alerjik reaksiyonlara bağlı olarak şişme ve kabarma gibi reaksiyonların yavaşlaması sağlanır.
- Hasta en kısa zamanda hastaneye ulaştırılmalı ve mümkünse ısırın ya da soka arthropodun teşhisine imkân sağlayacak bilgiler (Fotoğraf, morfolojik gözlemler, eğer ölü ise arthropodun kendisi) toplanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Adiguzel, S., Ozkan, O., and Inceoglu, B., 2007. Epidemiological and clinical characteristics of scorpionism in children in Sanliurfa, Turkey. *Toxicon*, 49(6): 875-880.
- Alexander Jd., 1984. *Arthropods And Human Skin*: Springer Verlag, London.
- Bayram, A., Yiğit, N., Danışman, T., Çorak, İ., Sancak, Z., and Ulaşoğlu, D., 2007. Venomous Spiders of Turkey (Araneae). *Journal of Applied Biological Sciences*, 1(3): 33-36.
- Bawaskar, H. S., 2005. Management of severe scorpion sting at rural settings: what is the role of scorpion antivenom. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 11(1): 3-7.
- Bosnak, M., Levent Yılmaz, H., Ece, A., Yıldızdas, D., Yolbas, I., Kocamaz, H. and Bosnak, V., 2009. Severe scorpion envenomation in children: Management in pediatric intensive care unit. *Human and experimental toxicology*, 28(11):721-728.
- Cardoso, J. L. C., França, F. D. S., Wen, F. H., Malaque, C. M. S., and Haddad Jr, V., 2003. Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 45(6): 338-338.
- Goddard, J., 1999. Arthropods and medicine. *Journal of Agromedicine*, 5(4): 55-82.
- Giribet, G., and Edgecombe, G. D., 2012. Reevaluating the arthropod tree of life. *Annual review of entomology*, 57: 167-186.
- Cooper, A. M., and Hall, G., 2014. Allen M. Coopera, Gerad A. Foxa, David R. Nelsena, William K. Hayesa. *Venom Yield, Regeneration, and Composition in the Centipede Scolopendra Polymorpha*, 18.
- Haddad Jr, V., Cardoso, J. L. C., Lupi, O., and Tying, S. K., 2012. Tropical dermatology: Venomous arthropods and human skin: Part I. Insecta. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 67(3): 331-e1.
- Haddad Jr, V., Cardoso, J. L. C., Lupi, O., and Tying, S. K., 2012. Tropical dermatology: Venomous arthropods and human skin: Part II. Diplopoda, Chilopoda, and Arachnida. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 67(3): 347-e1.
- Haddad Junior, V., Amorim, P. C. H. D., Haddad Junior, W. T., and Cardoso, J. L. C., 2015. Venomous and poisonous arthropods: identification, clinical manifestations of envenomation, and treatments used in human injuries. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 48(6): 650-657.
- Heckel, D. G., 2018. Insect detoxification and sequestration strategies. *Annual Plant Reviews online*, 77-114.
- Herzig, V., 2019. Arthropod assassins: Crawling biochemists with diverse toxin pharmacopeias. *Toxicon*, 158: 33-37
- Forrester, J. A., Holstege, C. P., and Forrester, J. D., 2012. Fatalities from venomous and nonvenomous animals in the United States (1999–2007). *Wilderness and environmental medicine*, 23(2): 146-152.
- Kurt, İ., Erpek, G., Kurt, N., and Gürel, A., 2004. Adnan Menderes Üniversitesi'nde izlenen zehirlenme olguları. *ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 5(3): 37 – 40.
- Kekeç, Z., Avsarogulları, L., İkizceli, I., Kurtoglu, S., and Sözüer, E., 2003. Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi hastaneleri acil servisine başvuran hayvansal zehirlenme olgularının incelenmesi. *Acil Tıp Dergisi*, 3(1): 45-8.
- Moreira, S. C., Lima, J. C. D., Silva, L., and Haddad Junior, V., 2007. Description of an outbreak of lepidopterism (dermatitis associated with contact with moths) among sailors in Salvador, State of Bahia. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 40(5): 591-593.
- Sadık, K., Karakurt, C., Elkaran, Ö., Karakuş, A., Koçak, G., and Kaya, Ö. A., 2013. Çocuk acil servisine başvuran yedi yıllık akrep sokması olgularının değerlendirilmesi. *Düzce Tıp Fakültesi Dergisi*, 15(1): 11-13.
- Ozkan, O., Uzun, R., Adiguzel, S., Cesaretli, Y., and Ertek, M., 2008. Evaluation of scorpion sting incidence in Turkey. *Journal of venomous animals and toxins including tropical diseases*, 14(1): 128-140.
- Ozkan, O., and Kat, I., 2005. Mesobuthus eupeus scorpionism in Sanliurfa region of Turkey. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 11(4): 479-491.
- Priest, F. G., and Dewar, S. J., 2000. Bacteria and insects. In: Priest F.G., Goodfellow M. (Eds) *Applied microbial systematics*, Springer, pp. 165-202.
- Russell, F. E., 1961. Injuries by venomous animals in the United States. *Jama*, 177(13): 903-907.
- Sheikh, A. A., Rehman, N., and Kumar, R., 2017. Diverse adaptations in insects: A Review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5: 343-350.
- Uluğ, M., Yaman, Y., Yapıcı, F., and Can-Uluğ, N., 2012. Scorpion envenomation in children: an analysis of 99 cases. *The Turkish Journal of Pediatrics*, 54(2): 119-27.
- Söker, M., and Haspolat, K., 2000. Scorpion sting in children in the southeast of Turkey: a review of 64 cases. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 43(1): 43-50.
- Villas-Boas, I. M., Bonfá, G., and Tambourgi, D. V., 2018. Venomous caterpillars: From inoculation apparatus to venom composition and envenomation. *Toxicon*, 153: 39-52.
- Vetter, R. S., and Visscher, P. K., 1998. Bites and stings of medically important venomous arthropods. *International journal of dermatology*, 37(7): 481-496.
- Walker, A. A., Weirauch, C., Fry, B. G., and King, G. F., 2016. Venoms of heteropteran insects: a treasure trove of diverse pharmacological toolkits. *Toxins*, 8(2): 43.
- Wikipedia, 2020a. Centipede, <https://en.wikipedia.org/wiki/Centipede> (Erişim tarihi:10.9.2020).
- Wikipedia, 2020b. Arthropod, <https://en.wikipedia.org/wiki/Arthropod> (Erişim tarihi:10.9.2020).
- White, J., and Meier, J., 2017. *Handbook of clinical toxicology of animal venoms and poisons*. CRC Press, New York.
- Yakıncı, C., Almış, H., Demirbağ, Ö., Kayhan, E., and Elkaran, Ö., 2015. Son Beş Yıldaki Akrep Sokması Olgularımız. *Ege Tıp Dergisi*, 54(2): 74



## **BİTKİ ISLAHINDA CRISPR/CAS9 UYGULAMALARI**

Anıl Mehmet BALTACI<sup>1\*</sup> Mehmet ARSLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kayseri Şeker Fabrikası A.Ş. AR-GE Birimi, Kayseri, Türkiye

<sup>2</sup> Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kayseri, Türkiye

\*sorumlu yazar: [anbltc@gmail.com](mailto:anbltc@gmail.com)

Derleme

### **Yayın Bilgisi**

Geliş Tarihi: 15.12.2020

Revizyon Tarihi: 21.12.2020

Kabul Tarihi: 21.12.2020

### **Anahtar Kelimeler**

*TALEN, ZFN, biyotik stres, abiyotik stres, genom düzenleme*

### **Keywords**

*TALEN, ZFN, biotic stress, abiotic stress, genome editing*

### **Özet**

Bitkiler için genom sekanslarının mevcudiyeti ve genom düzenleme teknolojisindeki ilerlemeler, hemen hemen her türlü tarımsal karakter açısından ıslah olanaklarını artırmıştır. ZFN (Zinc Finger Nucleas) ve TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nuclease) gibi genom düzenleme teknolojilerindeki gelişmeler moleküler düzeyde ilgilenilen herhangi bir genin düzenlenmesini mümkün kılmıştır. Bunların aksine CRISPR / Cas9 genom düzenleme yöntemi basit tasarım ve kolay klonlama yöntemlerini içermektedir. Cas9 genomdaki birden fazla bölgeyi hedefleyen farklı kılavuz (guide) RNA'lar ile farklı birden fazla gen bölgesine müdahale edilebilmektedir. CRISPR-Cas9 modülünde hedef özgüllüğünü geliştirmek ve hedef dışı bölünmeyi azaltmak için birkaç farklı modifiye Cas9 kaseti kullanılmaktadır. Ayrıca farklı bakteri türlerinden elde edilen Cas9 enzimlerinin mevcudiyeti gen düzenleme yöntemlerinin özgüllüğünü ve verimliliğini artırmak için yeni seçenekler sunmaktadır. Bu çalışmada, CRISPR/Cas9 temelli genom düzenleme tekniğinin bitki ıslahında mevcut durumu özetlenmekte ve CRISPR/Cas9'un biyotik ve abiyotik stres toleransını artırmak için kullanıldığı çalışmalar sunulmaktadır.

### **CRISPR / Cas9 Applications In Plant Breeding**

#### **Abstract**

The availability of genome sequences for plants and advances in genome editing technology have increased breeding possibilities for virtually every agricultural character. Advances in genome editing technologies such as ZFN (Zinc Finger Nucleas) and TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nuclease) have made it possible to edit any gene of interest at the molecular level. On the contrary, the CRISPR / Cas9 genome editing method includes simple design and easy cloning methods. With different guide RNAs targeting more than one region in the Cas9 genome, multiple different gene regions can be intervened. Several different modified Cas9 cassettes are used in the CRISPR-Cas9 module to improve target specificity and reduce non-target cleavage. In addition, the availability of Cas9 enzymes from different bacterial species offers new options to increase the specificity and efficiency of gene editing methods. In this study, the current state of the CRISPR / Cas9 based genome editing technique in plant breeding is summarized and studies using CRISPR / Cas9 to increase biotic and abiotic stress tolerance are presented.

## 1. GİRİŞ

İnsanlığın karşılaştığı en kritik zorlukların başında büyüyen nüfus için gıda güvenliğini sağlamak bulunmaktadır. 2050 yılına kadar insan nüfusu 10 milyara ulaşacak ve dünyayı beslemek için küresel gıda üretiminin %60-100 oranında artması gerekecektir (Jaganathan ve ark., 2018). Artan nüfus oranının yanı sıra, ekstrem hava koşulları, azalan tarım arazisi mevcudiyeti, artan biyotik ve abiyotik stresler tarımsal üretim için önemli kısıtlamalardır. Bitki ıslahına katkıda bulunabilecek teknolojilerin geliştirilmesi, üretimi önemli ölçüde artırabilir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik (T-DNA ekleme / transpozonlar) mutagenез kullanan genetik manipülasyon teknikleri, genlerin çalışılmasına ve bitki türlerinin iyileştirilmesi için biyolojik mekanizmaların belirlenmesinde büyük ölçüde katkıda bulunmuştur (Ma ve ark., 2016). Geçtiğimiz 30 yıldır, transgenik teknikler temel bitki biyolojisini anlamak ve bitkilerin iyileştirilmesi için kullanılmıştır.

Son yıllarda SSN (site-specific nuclease) genom düzenleme teknolojilerinin kullanımı hem hayvan hem de bitki sistemlerinde kesin olarak gen düzenlenmesinin yapılabileceğini göstermiştir. Bu SSN'ler hedef DNA'da çift sarmallı kırılmalar (DSB: double-stranded breaks) oluşturur. DSB'ler, homolog olmayan uç birleştirme (NHEJ: non-homologous end joining) veya homoloji odaklı rekombinasyon (HDR: homology-directed recombination) yoluyla onarılır ve hedef bölgede/bölgelerde sırasıyla insersiyon (ekleme) / delesyon (silme) (INDELS) ve ikame mutasyonları ile sonuçlanır (Jinek ve ark., 2012). Rastgele eklemelere ve çoğunlukla rastgele fenotiplere yol açan transgenik yaklaşımın aksine genom düzenleme yöntemleri, tanımlanmış mutantlar üretmektedir ve böylece bitki ıslahında güçlü bir araç haline gelmiştir. Genomu düzenlenmiş bitkiler, istenen özellik için düzenlenmiş DNA'ları taşıdıkları için transgenik bitkilere göre avantaja sahiptir (Malzahn ve ark., 2017). Bu tür iyileştirilmiş bitkiler ıslah programlarında kullanılabilir ve ortaya çıkan çeşitler, geleneksel genetiği değiştirilmiş bitkilere kıyasla daha az tüketim sorunları oluştur ve nispeten daha az düzenleyici prosedürlerle doğrudan kullanılabilir (Waltz, 2018).

Bu derleme, CRISPR / Cas9 gibi ikinci nesil genom düzenleme tekniklerinin, ZFN ve TALEN gibi birinci nesil genom düzenleme araçlarına göre avantajlarını ve CRISPR / Cas9 uygulamalarını tartışmaktadır.

## 2. TASARLANMIŞ NÜKLEAZLAR – YENİ GENOM DÜZENLEME DÖNEMİ

Tasarlanmış nükleazlar, bir dizide özgü DNA bağlanma alanına yapışma özelliğinde olan ve spesifik olmayan nükleaz alanı içermektedir. Bu tür nükleazlar, hedeflenen geni kesin olarak bölebilir ve kırılmalar NHEJ veya HDR ile onarılabilir. Bu işleme "genom düzenleme" denilmektedir (Gaj ve ark.,

2013). Meganükleazları, ZFN'leri ve TALEN'leri kullanan birinci nesil genom düzenleme teknolojileri, hedef spesifikliğe ulaşmak için zahmetli prosedürler içerir ve zaman alıcıdır. Buna karşılık, CRISPR / Cas9 dahil olmak üzere ikinci nesil genom düzenleme teknikleri daha az zaman ve maliyet, daha kolay tasarım ve uygulama yöntemlerini içermektedir. ZFN hem hayvan hem de bitki sistemlerinde uzun zamandır genom düzenleme için yaygın olarak kullanılmaktadır (Govindan ve Ramalingam, 2016). ZFN genom düzenleme teknolojisi, düşük hedef özgüllükleri, hedef dışı bölünmeleri ve sınırlı sayıda hedef bölgeleri bulunması nedeniyle daha az tercih edilmektedir (Chen ve Gao, 2013). TALEN genom düzenleme teknoloji, istenen hedef tanıma için transkripsiyon etkinleştirici benzeri efektör (TALE) alan tekrarlarını değiştirerek tasarlanır ve daha sonra FokI nükleaz ile birleştirilerek hedef genom düzenlemesi için uygun bir TALEN elde edilir. Tasarlanmış TALEN'ler 18–20 bp'lik uzunluktaki bölgeyi tanımaktadır (Stephens ve Barakate, 2017). TALEN'ler, uzunluklarından dolayı ZFN'lere kıyasla daha yüksek hedef bağlanma özgünlüğünü gösterir. Bununla birlikte, başlangıç pozisyonunda bir timin bazının gerekliliği ve büyük boyutu nedeniyle, TALEN'lerin tasarlanması ve sentezlenmesi zordur. TALEN'ler, Arabidopsis (Cermak ve ark. 2011), çeltik (*Oryza sativa*) (Li ve ark., 2012), tütün (*Nicotiana tabacum*) (Zhang ve diğerleri, 2013) ve *Brachypodium* (Shan ve ark., 2013) gibi bitkilerde genom düzenleme için kullanılmıştır.

### 2.1. CRISPR/Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Palindromic Repeats)

CRISPR / Cas9 gen düzenleme sisteminin keşfi, hayvan ve bitki biyolojisindeki araştırmalarda devrim yaratmıştır ve genom düzenlemedeki faydası ilk olarak 2012'de memeli hücrelerinde gösterilmiştir (Jinek ve ark., 2012). ZFN ve TALEN genom düzenleme sistemlerinden farklı olarak, CRISPR genom düzenlemesi daha basittir ve hedef gen içindeki DNA uzantısını tamamlayan yaklaşık 20 nükleotidden oluşan bir kılavuz RNA (gRNA) içermektedir. CRISPR isimlendirmesi ilk olarak Jansen ve arkadaşları tarafından 2002'de tanımlanmıştır ve *Escherichia coli* iap (inhibitor of apoptosis) genlerinde gözlemlenen tekrarlayıcı olmayan DNA uzantıları ile çevrili ardışık tekrarları ifade etmektedir (Ishino ve ark., 1987). 2005 yılında, bu tekrar etmeyen dizilerin, plazmitlerden ve fajlardan türetilen yabancı DNA dizileriyle homolog olduğu bulunmuştur. Homolojiye bağlı bölünme mekanizması genom düzenleme için araştırılmıştır ve CRISPR / Cas9 bölünme teknolojisi ümit verici bir genom düzenleme aracı haline gelmiştir (Mojica ve ark., 2005; Liu ve ark., 2017). CRISPR yöntemi, hedef DNA'ya bağlanan 20 nükleotidden oluşan kısa bir sentetik gRNA dizisi ve genellikle 50 NGG olan PAM (protospacer-associated motif) bölgesinden sonra 3–4 baz kesim bölgesi olan Cas9 nükleaz enzimi gerektirmektedir (Jinek ve ark., 2012). Cas9 nükleazı RuvC benzeri bir bölge ve bir HNH



bölgesi olmak üzere iki bölgeden oluşmaktadır ve her bölge bir DNA ipliğini kesmektedir. Bir CRISPR projesinin uygulanması hedef gendeki PAM sekansının belirlenmesi, tek klavuz RNA'nın (sgRNA) sentezlenmesi, sgRNA'nın uygun bir binary vektöre klonlanması, konakçı türe aktarılması ve düzenlenen parçanın taranması ve doğrulanması gibi basit adımlar içermektedir. CRISPR / Cas9 aracılı genom düzenlemede yer alan basit adımlar, genom düzenleme projelerini gerçekleştirmek için bitki genom düzenlenmesi yapılan küçük laboratuvarlarda bile uygulanmasına izin vermektedir (Jaganathan ve ark., 2018). CRISPR / Cas9 teknikleri, son beş yılda bitki genomlarını düzenlemek için ZFN ve TALEN'e kıyasla daha kapsamlı bir şekilde kullanılmıştır ve bu da kullanım kolaylığını yansıtmaktadır. Bununla birlikte bitkilerde genom düzenlemesi Arabidopsis, çeltik ve tütün gibi model organizmalarda gösterilmiştir (Jiang ve ark., 2013).

### 3. BİTKİLERDE GEN DÜZENLEME İÇİN CRISPR / CAS9 VEKTÖRLERİ

Hedeflenen hücre içindeki Cas9 ve sgRNA ekspresyonu, bitki genomlarını modifiye etmek için yeterlidir. Bitkiye özgü RNA polimeraz III promotörleri [(tU6 (Arabidopsis); TaU6 (buğday); OsU6 veya OsU3 (çeltik)], bitkilerde Cas9 ve gRNA'yı eksprese etmek için kullanılmaktadır. Bitkilerde Cas9 veya Cas9 varyantlarını ve gRNA'ları eksprese etmek için ticari olarak temin edilebilen birkaç vektör vardır. Addgene, şu anda binary vektörlerde 30'dan fazla boş gRNA omurgasını (backbones) kullanıma sunabilen, plazmidler için küresel, kâr amacı gütmeyen bir havuzdur. Boş gRNA omurgaları (backbones), bitki RNA polimeraz III destekleyicisine ve gRNA'yı ekleyebileceği gRNA scaffoldlarını içermektedir (Jaganathan ve ark., 2018).

#### 3.1. sgRNA Ekspresyon Kasetleri

Tipik bir sgRNA 98 nükleotid içermektedir (20 nt hedef sekans dahil) ve Cas9 / sgRNA nükleaz kompleksinde bir klavuz olarak işlev görmektedir (Nishimasu ve ark., 2014). Bitkilerdeki sgRNA'ların ekspresyonu genellikle U3 veya U6 küçük nükleer RNA gen promotörleri tarafından yönlendirilmekte ve sgRNA'lar, RNA polimeraz III tarafından kopyalanmaktadır (Jiang ve ark., 2013; Li ve ark., 2013; Nekrasov ve ark. 2013; Shan ve ark., 2013). sgRNA ekspresyon kasetleri küçük olduğundan (300-600 bp), hedef sekanslarla sgRNA ekspresyon kasetlerini oluşturmak için hedef adaptör ligasyonu veya over-laping PCR kullanılabilir (Li ve ark., 2013; Mao ve ark., 2013; Shan ve ark., 2013; Xie and Yang, 2013; Ma ve ark., 2015b). Ma ve ark. (2015b) sgRNA ekspresyon kasetlerini hızlı bir şekilde hazırlamak için PCR temelli, orta düzeyde klonlamasız bir strateji tasarlamışlardır ve bu kasetler, Golden Gate klonlaması veya Gibson montajı ile CRISPR / Cas9 binary vektörlerine doğrudan klonlanmaktadır. Başka bir strateji ise RNA polimeraz

II tarafından kopyalanan bir pre-RNA'yı işleyerek işlevsel sgRNA üretmek için ribozim sistemini kullanmaktadır. Bu sayede düzenli dokuya özgü sgRNA'ları ifade etmek için bu sistem kullanılabilir (Gao ve Zhao, 2014).

#### 3.2. Cas9 Ekspresyon Kasetleri

Cas9'un orijinal kodlama dizisi 4107 bp uzunluğundadır. Ökaryotlarda, Cas9'un nükleer lokalizasyonu, Cas9 kodlama dizisine tekli veya ikili bir NLS (nuclear localization signal) füzyonunu gerektirmektedir. Çeltik ve diğer buğdaygillerde buğdaygiller genlerini taklit eden yüksek bir düzenleme etkinliğine sahip kodon ile optimize edilmiş Cas9 geni (Cas9p) kullanılmaktadır (Wong ve ark., 2002). Bununla birlikte, bitkilerdeki bazı uygulamalarda bitki olmayan türler için optimize edilmiş Cas9 kodonu kullanılmıştır. Ancak düzenleme verimliliğinin bitki için optimize edilmiş yöntemlerden nispeten daha düşük olabildiği bildirilmiştir (Jiang ve ark., 2013; Mao ve ark., 2013; Nekrasov ve ark., 2013; Xie ve Yang, 2013; Lawrenson ve ark., 2015). Genel olarak mısır, çeltik ve Arabidopsis Ubiquitin geni ve Karnabahar mozaik virüsü (CaMV) 35S gibi promotörler, kallus bazlı transformasyon yöntemlerinde etkili genom düzenlemesine aracılık etmek için monokot ve dikot bitkilerde Cas9 genini çalıştırma gereksinimini karşılayabilmektedirler. Çoğu durumda, daha güçlü Ubiquitin promotörleri, CaMV 35S promotöründen daha yüksek düzenleme verimliliğine sahiptir (Ma ve ark., 2016).

#### 3.3. Cas9 ve sgRNA İfade Kasetlerinin Bitki Hücrelerine Gönderilmesi

İn vivo genom düzenlemesine aracılık etmek için, Cas9 ve sgRNA ekspresyon kasetlerini taşıyan vektör yapılarının bitki hücrelerine iletilmesi gerekmektedir. CRISPR / Cas9 sisteminin uygulanabilirliğini ve verimliliğini doğrulamak için, araştırmacılar genellikle Cas9 ve sgRNA ekspresyon kasetlerini taşıyan plazmidleri protoplastlara veya tütün, Arabidopsis yapraklarına vakum infiltrasyonu yöntemini kullanmışlardır (Jiang ve ark., 2013). Cas9 kasetleri ve sgRNA kasetleri, ayrı veya tekli yapılarda düzenlenebilir (Jiang ve ark., 2013; Li ve ark., 2013; Nekrasov ve ark., 2013; Shan ve ark., 2013; Xie ve Yang, 2013).

Cas9 ve sgRNA ekspresyon yapılarını bitki genomlarına entegre etmek ve kalıtsal mutasyonlar üretmek için kallus ve olgunlaşmamış embriyoların biyolistik dönüşümü kullanılabilir (Shan ve ark., 2013). Biyolistik dönüşüm ayrıca in vitro sentezlenmiş sgRNA'yı doğrudan Cas9 ile dönüştürülmüş bitki hücrelerine iletebilir ve hedeflenen mutasyonları indükleyebilmektedir (Svitashev ve ark., 2015).

Agrobacterium aracılı transformasyon yöntemi birçok bitki için en etkili yöntem olduğundan, bitkilerdeki CRISPR / Cas9 uygulamalarının çoğu

hem Cas9 hem de sgRNA ekspresyon kasetlerini taşıyan T-DNA'ları bitki genomlarına entegre etmek için bu yöntem kullanılmaktadır. Arabidopsis'in genom düzenlemesi için genellikle Agrobacterium aracılı 'Floral dip transformasyon' yöntemi kullanılmaktadır. Çeltik, mısır, tütün, domates, patates ve kavak gibi diğer monokot ve dikot bitkiler için CRISPR / Cas9 ile genom düzenleme için genellikle kallus, olgunlaşmamış embriyolar veya diğer dokuların Agrobacterium ile transformasyonu kullanılmaktadır. Ayrıca agroinfiltrasyon yaklaşımı sgRNA ekspresyon kaseti taşıyan tütün çingirak virüsü DNA'sını Cas9 ile genomu düzenlenmiş tütün elde etmek için kullanılmıştır (Yin ve ark., 2015; Ali ve ark., 2015).

#### 4. BİTKİLERDE MULTİPLEKS GENOM HEDEFLERİ STRATEJİLERİ

Bitkilerdeki birden çok genomik bölgenin eşzamanlı olarak düzenlenmesinin, birden çok ilgili genin incelenmesi, işlevsel olarak fazlalık genlerin susturulması ya da bitki ıslahında birden çok özelliğin genetik iyileştirilmesi gibi pek çok uygulaması bulunmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi, CRISPR / Cas9 temelli genom düzenleme yöntemi, kararlı genomu düzenlenmiş bitkiler elde etmek için çoğunlukla Agrobacterium aracılı dönüşüme bağlıdır. Ayrıca, Agrobacterium ile bitkiye birden fazla T-DNA'nın ayrı binary vektörlerden birlikte aktarılması zor ve kontrol edilmez bir durumdur (Hiei ve Komari, 2008). Bu nedenle, birden çok sgRNA ekspresyon kasetini tek CRISPR / Cas9 binary yapıları halinde birleştirmek için birkaç strateji geliştirilmiştir.

Geleneksel olarak sgRNA kasetlerini bir vektöre eklemek için sıralı uyumlu palindromik yapışkan uçlar veren birden fazla restriksiyon enzimi kullanılmaktadır (Zhang ve ark., 2015; Wang ve ark., 2015). Bu geleneksel klonlama yöntemi ile CRISPR / Cas9 binary vektörlerine yalnızca birkaç sgRNA ekspresyon kaseti klonlanabilir. Bu işlem yavaş ve zaman alıcıdır. Golden Gate klonlama yöntemi, birden çok DNA parçası arasında sıralı uyumlu, palindromik olmayan yapışkan uçlar oluşturmak için BsaI gibi ayırt edici tip II restriksiyon enzimleri kullanılmaktadır. Bu nedenle Golden Gate klonlama, belirli bir genom düzenlemede birden çok DNA parçasını aynı anda ve verimli bir şekilde bağlayabilmektedir (Engler ve ark., 2008). Bu klonlama yöntemine dayanarak, CRISPR / Cas9 binary yapılarını çoklu PCR ile hazırlanmış sgRNA ekspresyon kasetleriyle oluşturmak için iki set CRISPR / Cas9 vektör sistemi geliştirilmiştir (Xing ve ark., 2014; Ma ve ark., 2015b). 'Gibson Assembly' yöntemi, T5 eksonükleaz, Phusion DNA polimeraz ve Taq DNA ligazın uyumlu etkilerini kullanarak birden çok DNA parçasını homolog uçlarla verimli bir şekilde birleştirebilmektedir (Gibson ve ark., 2009). Bu yöntem CRISPR / Cas9 binary vektörlerine tek reaksiyonda birden fazla sgRNA ekspresyon kasetini birleştirmek için kullanılmıştır (Ma ve ark., 2015b).

#### 5. HEDEFLEREN MUTASYONLARIN ANALİZİ

Yeni kurulan bir CRISPR / Cas9 vektör sistemini doğrulamanın veya kurulan CRISPR / Cas9 sistemini yeni bir bitki türüne uygulamanın ilk adımı, düzenleme verimliliğini belirlemek olmalıdır. Buna ek olarak sonuçta ortaya çıkan mutantların genotipi daha fazla çalışma yapılmadan önce belirlenmelidir. Bu durum hedeflenen mutasyonların tespitini ve mutasyona uğramış gen bölgelerinin dizilenmesini gerektirmektedir.

##### 5.1. Hedeflenen Mutasyonları Doğrulamak İçin Haberci (Rapoter) Genlerini Kullanma

Yeni kurulmuş bir CRISPR / Cas9 vektör sisteminin işlevini hızlı bir şekilde doğrulamak için, glukuronidaz veya bir floresan proteini (GFP, YFP veya RFP) kodlayan genler gibi haberci genler, genom düzenlemesinin bir göstergesi olarak kullanılabilir. Örneğin, haberci genler bir çerçeve kaymasına neden olan hedef bölge içerecek şekilde tasarlanabilmektedir ve hedefin Cas9 / sgRNA kompleksi tarafından mutasyonunun işlevini eski haline getirmek için genin okuma çerçevesini düzeltebilmektedir (Jiang ve ark., 2013; Feng ve ark., 2014).

##### 5.2. Hedeflenen Mutasyonları Doğrulamak İçin Endonükleazları Kullanma

Hedefin Cas9 / sgRNA kompleksi bir restriksiyon enzim bölgesini içerecek şekilde tasarlanırsa hedeflenen mutasyonlar restriksiyon enzim bölgesini yok edebilmektedir. Bu nedenle, PCR amplifikasyonundan önce veya sonra restriksiyon kesimi, mutasyona uğramış sekansları zenginleştirebilmektedir (Lloyd ve ark., 2005; Voytas, 2013). Hedeflenen mutasyonların varlığını belirlemek ve düzenleme etkinliğini ölçmek için bu yöntemden pek çok çalışmada faydalanılmıştır. Bununla birlikte, bu strateji, hedef dizileri, bir restriksiyon enzim bölgesi içeren dizilerle sınırlamaktadır (Jiang ve ark., 2013; Nekrasov ve ark., 2013; Shan ve ark., 2013; Xie ve Yang, 2013).

##### 5.3. Hedeflenen Mutasyonları Belirlemek İçin Yüksek Verimli Sekanslama Kullanma

Tüm genomun veya tekli / çoklu PCR amplikonlarının yüksek verimli dizilenmesi (deep sequencing) özellikle tüm genom üzerindeki olası hedef dışı mutasyonları tanımlamak için ve nadir (düşük frekanslı) mutasyonları ve karmaşık kimerik (çoklu) mutasyonları tespit etmek için uygundur (Fauser ve ark., 2014; Feng ve ark., 2014). Ancak bu strateji maliyetli ve zaman alıcıdır.

##### 5.4. Hedeflenen Mutasyonları Belirlemek İçin Sanger Sekanslama Kullanma

Hedeflenen bölgeleri içeren bir PCR amplikonu, birden fazla klonun Sanger sekanslamasıyla (tek tip mutasyonlar için yaklaşık beş klon [bir bitkinin tüm hücreleri aynı mutasyona sahiptir] veya bir bitkinin

somatik hücrelerinde kimerik [çoklu] mutasyonlar için 10'dan fazla klon) klonlanabilmektedir ve incelenebilmektedir. Bölünme bölgesinde bir restriksiyon bölgesi mevcutsa, mutant DNA, restriksiyon enzimi kesim yöntemi kullanılarak zenginleştirilebilir (Shan ve ark., 2013). Bu strateji, basit mutasyonları veya karmaşık kimerik mutasyonları belirlemek için kullanışlıdır ancak pahalıdır (Ma ve ark., 2016).

Çeltik gibi bazı bitki türlerinde CRISPR / Cas9 temelli genom düzenleme yöntemi oldukça etkilidir ve ilk nesilde yüksek oranlarda tek tip mutasyonlar üretebilmektedir (Zhang ve ark., 2014; Zhou ve ark., 2014; Ma ve ark., 2015b). Mutasyonların varlığını saptamak için PCR amplikonları bitkilerdeki gerçek nükleotid varyasyonlarını belirlemek için doğrudan dizilenebilmektedir. Ancak bir plazmit içerisine klonlanmadan bialellik ve heterozigot mutasyonları içeren PCR amplikonlarının doğrudan dizilenmesi üst üste yerleştirilmiş sekanslama kromatogramları ile sonuçlanır. Bu sorunu çözmek için, dejenere dizi kod çözme (DSD [degenerate sequence decoding]) (Ma ve ark., 2015a) adı verilen bir yöntemle ve onun web temelli aracı DSDecode (<http://dsdecode.scgene.com/>) (Liu ve ark., 2015) ile mutasyona uğramış allelik dizileri üst üste yerleştirilmiş kromatogramları dizileme dosyalarından (ab1 formatı) hızlı bir şekilde belirleyebilmektedir. Böylece multiklon (çoklu klon) dizilemeleri çözümlenebilen bu araç hedeflenen bölgelerin analizini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır (Ma ve ark., 2016).

## 6. BİTKİ ISLAHINDA CRISPR

CRISPR / Cas9 gen düzenleme yöntemi verim iyileştirme ve biyotik ve abiyotik stres yönetimi başta olmak üzere çeşitli özellikler için yaklaşık 20 bitki türünde kullanılmıştır (Ricoch ve ark., 2017). Yayınlanan makalelerin çoğu, CRISPR / Cas9 sisteminin abiyotik veya biyotik strese tolerans mekanizmalarında önemli rol oynayan belirli genleri devre dışı bırakarak uygulandığını tanımladıkları için kavram kanıtı çalışmalar olarak kabul edilmektedir. Patojenik mikroorganizmalar tarafından uygulanan biyotik stres, hastalığa dayanıklı bitkilerin gelişiminde ciddi zorluklar ortaya çıkarır ve potansiyel verim kaybının %42'sinden fazlasını oluşturur ve gıda üretimindeki küresel düşüşlerin %15'ine neden olmaktadır. (Oerke, 2005). CRISPR / Cas9 temelli genom düzenleme, bitki hastalıklarına karşı direnci artırmak ve ayrıca kuraklık ve tuzluluk gibi büyük abiyotik streslere karşı toleransı iyileştirmek için kullanılmıştır.

### 6.1. Monokotlar

Çeltik dünya nüfusunun yarısından fazlası için önemli bir temel gıda bitkisidir. Küçük genom boyutu nedeniyle iyi incelenmiştir ve monokotlar için önemli bir model organizmadır. Çeltik genomu, bol miktarda potansiyel PAM bölgesi içermektedir (Xie ve Yang, 2013). Bu nedenle CRISPR teknolojisi çeltik

genomundaki herhangi bir ilgi alanını hedeflemek için potansiyel olarak kullanılabilir durumdadır.

Çeltikte ilk kez çeşitli abiyotik streslere karşı rol alan Fitoen desaturaz (OsPDS), betain aldehit dehidrogenaz (OsBADH2) ve mitojenle aktive edilmiş protein kinaz (OsMPK2) isimli üç genin hem protoplastta hem de kalluslara parikül bombardımanı yapılarak gen dizisine özgü CRISPR/Cas9 temelli genomik modifikasyonu yapılmıştır ve herhangi bir bitki türünde de yapılabileceği gösterilmiştir. OsPDS ve OsBADH2 için gen düzenleme oranlarının yaklaşık %7-9 olduğu gözlemlenmiştir (Shan ve ark., 2013). Xie ve Yang (2013) çeltikte, pRGE3 ve pRGE6'da genom düzenlemesi için uygun iki vektör geliştirerek rehber RNA (gRNA) ile genom düzenleme yapılabileceğini göstermişlerdir. Üç adet gRNA kullanılarak mutagenез oluşturmak için biyotik ve abiyotik streslerin negatif regülatörü olan OsMPK5 seçilmiştir ve çeltik protoplastlarında test edilmiştir. Bu test sonucunda daha hassas bir gRNA tasarımı yapıldığında düşük seviyede hedef dışı mutagenез oluşumunun gerçekleştiği bildirilmiştir. Hedef dışı mutasyon olmayan veya 1 bp hedef dışı mutasyon içeren çeşitli genler için T0 neslinde mutasyon oranlarında geniş bir varyasyon (%21-66) gözlemlenmiştir ve T2 neslinde homozigot mutantların %11' olduğu belirlenmiştir. Herbisite dayanıklılık genin baz düzenleme işlemi DSB'ler eklenmeden önce sitidin deaminaz ile kaynaşmış dCas9 (dead Cas9) 'un kullanıldığı aktivasyonla uyarılan sitidin deaminaz yöntemi kullanılarak mümkün olmuştur (Shimatani ve ark., 2017). Benzer şekilde çeltik, buğday ve mısırdaki hassas bir genom düzenlemesinin yapılabileceği gösterilmiştir (Zong ve ark., 2017). Li ve ark. (2017) BE3 baz düzenleme yöntemini kullanarak çeltikteki OsPDS ve OsSBEIIb genlerinin baz düzenlemelerini gerçekleştirmişlerdir. BE3 baz düzenleyici, çentikli cas9 (cas9'da bir D10 mutasyonu), sitozin deaminaz ve urasil glikozilaz inhibitörünü (UGI) birleştiren gelişmiş bir genom düzenleme aracıdır (Jaganathan ve ark., 2018). Bu çalışma, çeltikte temel düzenlemenin başarılı bir şekilde uygulandığını göstermiştir. Potansiyel olarak sınırsız sayıda genin multipleks genom düzenlemesi artık CRISPR / Cas9 ile kolaylaştırılmıştır ve çeltik ve Arabidopsis'te gösterilmiştir (Lowder ve ark. 2015; Zhang ve ark., 2016; Shen L. ve ark., 2017). Shen L. ve ark. (2017) çeltikteki her genetik dönüşüm için birer binary vektör kullanarak sekiz agronomik geni başarıyla düzenlemişlerdir. Çeltikte etilen duyarlı faktör OsERF922'de yapılan CRISPR / Cas9 mutasyonu ile Magnaporthe oryzae'nin neden olduğu çeltik yanıklığı hastalığına karşı direnç başarıyla kazandırılmıştır (Liu ve ark., 2012).

Buğday dünya çapında temel gıda ürünü olarak yetiştirilen önemli bir tahıldır. Shan ve ark. (2014), CRISPR / Cas9 yaklaşımının buğday protoplastlarında TaMLO geni (Küf direnci lokusu O) için uygulamasının başarıyla yapıldığını göstermişlerdir. CRISPR TaMLO gen susturulmasının, Blumeria

graminis f sp Tritici'nin (Btg) neden olduğu külleme hastalığına karşı direnç sağladığı da belirlenmiştir (Wang ve ark., 2014). Etkili bir vektör yöntemi, elde edilen transgenik soyların sayısını iyileştirebilir veya artırabilir. T-DNA temelli iletim sistemleri, SSN'leri ve gRNA'yı tanıtmak için yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, DNA virüsü bazlı amplikonlar, gen hedefleme verimliliklerinde artışa yol açtığı görülmektedir (Jaganathan ve ark., 2018). Gil-Humanes ve ark. (2017), CRISPR / Cas9 kasetlerinin geçici ve doğrudan ekspresyonu için buğday geminiviral (Geminiviridae bir bitki virüsleri ailesidir) bazlı DNA replikonlarını [buğday çüce virüsü (WDV)] kullanmışlardır. Kim ve ark. (2018), buğday dehidrasyonuna duyarlı element bağlayıcı protein 2 (TaDREB2) ve buğday etilene duyarlı faktör 3 (TaERF3) olmak üzere iki abiyotik stresle ilişkili gen için buğday protoplastlarında CRISPR / Cas9 genom düzenleme sistemini rapor etmişlerdir. Protoplastların yaklaşık %70'i başarılı bir şekilde transfekte edilmiştir ve bu düzenlenmiş genlerin ekspresyonu T7 endonükleaz testi ile doğrulanmıştır. Bitkilerde CRISPR / Cas9 temelli genom düzenlemenin uygulanmasıyla ilgili olarak transgen entegrasyonu ve hedef dışı mutasyonlar önemli endişelerdir görülmektedir (Jaganathan ve ark., 2018) Bu sorunların üstesinden gelmek için Liang ve ark. (2017) CRISPR / Cas9 ribonükleoproteinlerin (RNP'ler) biyolistik aktarım yönteminin etkili bir genom düzenleme yöntemi olduğunu göstermişlerdir. Genel olarak, CRISPR / Cas9 DNA, konakçı genomuna entegre edilecek ve kararlı bir şekilde ifade edilecektir. RNP'leri biyolistik aktarma yöntemi ile geçici ekspresyon sağlanarak hızlı bir şekilde bozup hedef dışı bölgeleri büyük ölçüde azaltacaktır. Ekmeklik buğdayda CRISPR / Cas9 RNP kompleksi kullanılarak iki farklı gen (TaGW2 ve TaGASR7) düzenlenmiştir. Bu kompleks in vivo ortamda bozduğundan hedef dışı etkileri önemli ölçüde azaltır ve mutant ekmeklik buğday popülasyonunda hedef dışı hiçbir değişiklik bulunmamıştır (Jaganathan ve ark., 2018). Liang ve ark. (2018) tarafından genişletilmiş bir RNP aktarma protokolü kullanıma sunulmuştur. Bu DNA'sız düzenleme yöntemi, transgenin çıkarılması için geri melezleme gibi zaman alıcı prosedürleri önlemektedir ve T0'da transgen içermeyen bitkilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak ekspresyon geçici olduğundan ve geliştirme sırasında hiçbir markör seçimi uygulanmadan mutant taraması gerektirdiğinden, bu yöntemin CRISPR / Cas9 DNA binary vektör sistemlerine kıyasla düşük verimlilik oranları gibi sınırlamaları mevcuttur. Bu sınırlamaların üstesinden gelinebilirse, RNP yöntemi, özellikle çok yıllık bitkilerde olmak üzere bitki türlerinde CRISPR / Cas9 temelli genom düzenlemesini gerçekleştirmek için etkili bir yaklaşım olacaktır. CRISPR / Cas9 temelli genom düzenleme sisteminin, model bitkilerin birçok önemli agronomik özelliğini aynı anda düzenleyebildiği gösterilmiştir (Jaganathan ve ark., 2018). Wang W. ve ark. (2018)

hekszaplidi buğdayda birden fazla gen bölgesi hedefli genom düzenleme yoluyla üretilen mutasyonların sıklığını ve kalıtılabilirliği bildirmiştir.

Model bitkilerin yanı sıra, CRISPR / Cas9 genom düzenleme yaklaşımı, temel özellikleri iyileştirmek için diğer monokot bitki türlerine uygulanmıştır. Kapusi ve ark. (2017), arpada hem partikül bombardımanı hem de Agrobacterium aracılı transformasyon yöntemleri kullanılarak endo-N-asetilb-D-glukozaminidaz (ENGase)'yi ifadesini durdurmak için beş gRNA seti tasarlanmıştır ve CRISPR / Cas9 temelli yöntemle ENGase geninin susturulduğunu göstermişlerdir. Bu tür gen susturulma işlemleri yapılan bitkiler, işlevsel genetikte genlerin işlevini incelemek için yararlı olacaktır.

## 6.2. Dikotlar

CRISPR / Cas9 temelli genom düzenleme yöntemi ilk kez Feng ve ark. (2013) tarafından *Arabidopsis*'te gösterilmiştir. BRI1 (brassinosteroid insensitive1), JAZ1 (jasmonate-zim-domain protein1) ve GAI (gibberellic acid insensitive) *Arabidopsis* genleri 'floral dip' yöntemi kullanılarak düzenlenmiştir ve Restriction Fragment Length Polymorphism kullanılarak genotiplenmiştir. Başka bir çalışmada Mao ve ark. (2013) *Arabidopsis*'te bulunan albinizmle ilgili CHLI1 (magnesium-chelatase subunit I) ve CHLI2 genlerini CRISPR / Cas9 genom düzenleme yöntemiyle düzenlenmiştir ve mutant bitkiler Amplified Fragment Length Polymorphism ile taranmıştır. CRISPR / Cas9 genom düzenlemesini kullanarak değiştirilmiş genlerin verimliliğini, kalıtımını, özgüllüğünü ve modelini incelemek için Feng ve ark. (2014) *Arabidopsis*'te sonraki nesiller boyunca 12 lokusu hedef alan yedi genin akışını izlemişlerdir. T1 ile T3 nesillerinde yüksek mutasyon oranları (yaklaşık %58-79) olan genomu düzenlenmiş hatlar arasında ağırlıklı olarak 1bp insersiyonlar (eklemeler) ve küçük delesyonlar (çıkarmalar) gözlemlenmişlerdir. Homozigot mutantlar, herhangi bir değişiklik olmadan bir sonraki nesle geçmişlerdir ve hedef dışı mutasyonun olmadığı gözlenmiştir. Bu çalışma bitkilerde CRISPR / Cas9 genom düzenleme yoluyla kalıtsal değişikliklerin oluştuğunu göstermiştir.

Pamuk (*Gossypium hirsutum*) lif bitkisi olmasının yanı sıra tohumları önemli miktarda yağ rezervi içerdiğinden, biyoyakıt üretimi için de iyi bir kaynaktır (Oliveira ve ark., 2016). *Gossypium hirsutum*'un genom yayınlanmasıyla (Li F. ve ark., 2015) kesin DNA modifikasyonları elde etmek için CRISPR araçlarından yararlanmak mümkün hale gelmiştir. Janga ve ark. (2017) CRISPR / Cas9 sistemini kullanarak pamukta hedeflenen gen düzenlemesinin mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Yeşil floresan protein (GFP) entegre transgenik pamuğun fenotipik karakterizasyon için markör olarak GFP dizisinde üç hedef bölge seçilerek genom düzenleme için belirlenmiştir. gRNA tarafından gen susuturulması için incelenen dokuz T0 bitkisinde homozigot

değişiklikler görülürken, diğer yedi tanesinde bi-allelilik insersiyon veya delesyon olduğunu göstermişlerdir.

Patates, dünya gıda güvenliği için önemli bir gıda bitkisidir ve iklim değişikliklerine ve üretim bölgesinin artırılması için adaptasyon sağlanması açısından ıslah edilmesi gereken bir bitkidir. Mumsu nişasta içeriği bulunan hekzaploid patates genotipleri CRISPR / Cas9 temelli genom düzenleme yöntemi kullanılarak GBSS (granule-bound starch synthase) geninin mutasyonu ile elde edilmiştir (Jaganathan ve ark., 2018). Benzer şekilde patatesteki Acetolactate Synthase1 (StALS1) mutasyonu uğratılarak multi-allelilik mutagenез elde edilmiştir (Butler ve ark., 2016).

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeni ıslah teknikleri bilim insanlarına istenen özellikleri geleneksel yetiştirmeye göre daha hassas ve hızlı bir şekilde ekleme yeteneği sağlamaktadır. CRISPR / Cas9 temelli genom düzenleme teknolojisi, bitki araştırması ve bitki ıslahı alanında devrim niteliğinde bir etkiye sahip olmuştur. Son 7 yılda, birçok bitki türünde fonksiyonel çalışmalar ve biyotik ve abiyotik streslerle mücadele gibi önemli tarımsal özellikleri iyileştirmek için uygulanmaktadır. Ancak CRISPR / Cas9 vektör platformu oluşturulmuş ve genom düzenlemedeki etkinlikleri test edilmiş olsa da CRISPR / Cas9 sisteminin potansiyeli tam olarak keşfedilmemiştir. Bu teknoloji ile yapılan çeşitli modifikasyonların hedefe yönelik verimliliğin artmasına yol açmasına rağmen yapılan işlerin çoğu başlangıç niteliğindedir ve iyileştirilmesi gerekmektedir. Gelecekte CRISPR / Cas9 ile genom düzenleme teknolojisi verimi, besin değerini, hastalık direncini ve diğer agronomik özellikleri artırmak için bitki ıslahında uygulanması önemli bir çalışma alanı olacaktır. Bununla birlikte CRISPR / Cas9 temelli genom düzenleme tekniği popülerlik kazanacak ve büyüyen insan popülasyonunu beslemeye yardımcı olacak bitkileri elde etmek için gerekli bir teknik olacaktır.

## KAYNAKLAR

Ali, Z., Abul-Faraj, A., Li, L., Ghosh, N., Piatek, M., Mahjoub, A., ... & Dinesh-Kumar, S. 2015. Efficient virus-mediated genome editing in plants using the CRISPR/Cas9 system. *Molecular plant*, 8(8), 1288-1291.

Butler, N. M., Balthes, N. J., Voytas, D. F., and Douches, D. S. 2016. Geminivirus-mediated genome editing in potato (*Solanum tuberosum* L.) using sequence-specific nucleases. *Frontiers in plant science*, 7, 1045.

Cermak, T., Doyle, E. L., Christian, M., Wang, L., Zhang, Y., Schmidt, C., ... and Voytas, D. F. 2011. Efficient design and assembly of custom TALEN and other TAL effector-based constructs for DNA targeting. *Nucleic acids research*, 39(12), e82-e82.

Chen, K., and Gao, C. 2013. TALENs: customizable molecular DNA scissors for genome engineering of plants. *Journal of Genetics and Genomics*, 40(6), 271-279.

Engler, C., Kandzia, R., and Marillonnet, S. 2008. A one pot, one step, precision cloning method with high throughput capability. *PloS one*, 3(11), e3647.

Fausser, F., Schiml, S., and Puchta, H. 2014. Both CRISPR/Cas-based nucleases and nickases can be used efficiently for genome engineering in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*, 79(2), 348-359.

Feng, Z., Zhang, B., Ding, W., Liu, X., Yang, D. L., Wei, P., ... and Zhu, J. K. 2013. Efficient genome editing in plants using a CRISPR/Cas system. *Cell research*, 23(10), 1229-1232.

Feng, Z., Mao, Y., Xu, N., Zhang, B., Wei, P., Yang, D. L., ... and Zeng, L. 2014. Multigeneration analysis reveals the inheritance, specificity, and patterns of CRISPR/Cas-induced gene modifications in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(12), 4632-4637.

Gaj, T., Gersbach, C. A., and Barbas III, C. F. 2013. ZFN, TALEN, and CRISPR/Cas-based methods for genome engineering. *Trends in biotechnology*, 31(7), 397-405.

Gao, Y., and Zhao, Y. 2014. Self-processing of ribozyme-flanked RNAs into guide RNAs in vitro and in vivo for CRISPR-mediated genome editing. *Journal of integrative plant biology*, 56(4), 343-349.

Gibson, D. G., Young, L., Chuang, R. Y., Venter, J. C., Hutchison, C. A., and Smith, H. O. 2009. Enzymatic assembly of DNA molecules up to several hundred kilobases. *Nature methods*, 6(5), 343-345.

Gil-Humanes, J., Wang, Y., Liang, Z., Shan, Q., Ozuna, C. V., Sánchez-León, S., ... and Voytas, D. F. 2017. High-efficiency gene targeting in hexaploid wheat using DNA replicons and CRISPR/Cas9. *The Plant Journal*, 89(6), 1251-1262.

Govindan, G., and Ramalingam, S. 2016. Programmable site-specific nucleases for targeted genome engineering in higher eukaryotes. *Journal of cellular physiology*, 231(11), 2380-2392.

Hiei, Y., and Komari, T. 2008. Agrobacterium-mediated transformation of rice using immature embryos or calli induced from mature seed. *Nature protocols*, 3(5), 824-834.

Ishino, Y., Shinagawa, H., Makino, K., Amemura, M., and Nakata, A. 1987. Nucleotide sequence of the *iap* gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in *Escherichia coli*, and identification of the gene product. *Journal of bacteriology*, 169(12), 5429-5433.

Jaganathan, D., Ramasamy, K., Sellamuthu, G., Jayabalan, S., and Venkataraman, G. 2018. CRISPR for crop improvement: an update review. *Frontiers in plant science*, 9, 985.

Janga, M. R., Campbell, L. M., and Rathore, K. S. 2017. CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Plant Molecular Biology*, 94(4-5), 349-360.

Jiang, W., Zhou, H., Bi, H., Fromm, M., Yang, B., and Weeks, D. P. 2013. Demonstration of CRISPR/Cas9/sgRNA-mediated targeted gene modification in *Arabidopsis*, tobacco, sorghum and rice. *Nucleic acids research*, 41(20), e188-e188.

Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., and Charpentier, E. 2012. A programmable dual-

- RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *science*, 337(6096), 816-821.
- Kapusi, E., Corcuera-Gómez, M., Melnik, S., and Stoger, E. 2017. Heritable genomic fragment deletions and small indels in the putative ENGase gene induced by CRISPR/Cas9 in barley. *Frontiers in plant science*, 8, 540.
- Kim, D., Alptekin, B., and Budak, H. 2018. CRISPR/Cas9 genome editing in wheat. *Functional and integrative genomics*, 18(1), 31-41.
- Lawrenson, T., Shorinola, O., Stacey, N., Li, C., Østergaard, L., Patron, N., ... and Harwood, W. 2015. Induction of targeted, heritable mutations in barley and Brassica oleracea using RNA-guided Cas9 nuclease. *Genome biology*, 16(1), 258.
- Li, F., Fan, G., Lu, C., Xiao, G., Zou, C., Kohel, R. J., ... and Liang, X. 2015. Genome sequence of cultivated Upland cotton (*Gossypium hirsutum* TM-1) provides insights into genome evolution. *Nature biotechnology*, 33(5), 524-530.
- Li, J. F., Norville, J. E., Aach, J., McCormack, M., Zhang, D., Bush, J., ... and Sheen, J. 2013. Multiplex and homologous recombination-mediated genome editing in Arabidopsis and Nicotiana benthamiana using guide RNA and Cas9. *Nature biotechnology*, 31(8), 688-691.
- Li, T., Liu, B., Spalding, M. H., Weeks, D. P., and Yang, B. 2012. High-efficiency TALEN-based gene editing produces disease-resistant rice. *Nature biotechnology*, 30(5), 390.
- Liang, Z., Chen, K., Li, T., Zhang, Y., Wang, Y., Zhao, Q., ... and Gao, C. 2017. Efficient DNA-free genome editing of bread wheat using CRISPR/Cas9 ribonucleoprotein complexes. *Nature communications*, 8(1), 1-5.
- Liang, Z., Chen, K., Zhang, Y., Liu, J., Yin, K., Qiu, J. L., and Gao, C. 2018. Genome editing of bread wheat using biolistic delivery of CRISPR/Cas9 in vitro transcripts or ribonucleoproteins. *Nature protocols*, 13(3), 413.
- Liu, X., Wu, S., Xu, J., Sui, C., and Wei, J. 2017. Application of CRISPR/Cas9 in plant biology. *Acta pharmaceutica sinica B*, 7(3), 292-302.
- Liu, D., Chen, X., Liu, J., Ye, J., and Guo, Z. 2012. The rice ERF transcription factor OsERF922 negatively regulates resistance to Magnaporthe oryzae and salt tolerance. *Journal of experimental botany*, 63(10), 3899-3911.
- Lloyd, A., Plaisier, C. L., Carroll, D., and Drews, G. N. 2005. Targeted mutagenesis using zinc-finger nucleases in Arabidopsis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(6), 2232-2237.
- Lowder, L. G., Zhang, D., Baltus, N. J., Paul, J. W., Tang, X., Zheng, X., ... and Qi, Y. 2015. A CRISPR/Cas9 toolbox for multiplexed plant genome editing and transcriptional regulation. *Plant physiology*, 169(2), 971-985.
- Ma, X., Chen, L., Zhu, Q., Chen, Y., and Liu, Y. G. 2015a. Rapid decoding of sequence-specific nuclease-induced heterozygous and biallelic mutations by direct sequencing of PCR products. *Molecular plant*, 8(8), 1285-1287.
- Ma, X., Zhang, Q., Zhu, Q., Liu, W., Chen, Y., Qiu, R., ... and Xie, Y. 2015b. A robust CRISPR/Cas9 system for convenient, high-efficiency multiplex genome editing in monocot and dicot plants. *Molecular plant*, 8(8), 1274-1284.
- Ma, X., Zhu, Q., Chen, Y., and Liu, Y. G. 2016. CRISPR/Cas9 platforms for genome editing in plants: developments and applications. *Molecular plant*, 9(7), 961-974.
- Malzahn, A., Lowder, L., and Qi, Y. 2017. Plant genome editing with TALEN and CRISPR. *Cell and bioscience*, 7(1), 21.
- Mao, Y., Zhang, H., Xu, N., Zhang, B., Gou, F., and Zhu, J. K. 2013. Application of the CRISPR-Cas system for efficient genome engineering in plants. *Molecular plant*, 6(6), 2008-2011.
- Mojica, F. J., García-Martínez, J., and Soria, E. 2005. Intervening sequences of regularly spaced prokaryotic repeats derive from foreign genetic elements. *Journal of molecular evolution*, 60(2), 174-182.
- Nekrasov, V., Staskawicz, B., Weigel, D., Jones, J. D., and Kamoun, S. 2013. Targeted mutagenesis in the model plant Nicotiana benthamiana using Cas9 RNA-guided endonuclease. *Nature biotechnology*, 31(8), 691-693.
- Nishimasu, H., Ran, F. A., Hsu, P. D., Konermann, S., Shehata, S. I., Dohmae, N., ... and Nureki, O. 2014. Crystal structure of Cas9 in complex with guide RNA and target DNA. *Cell*, 156(5), 935-949.
- Oliveira, M. A. C., Duarte, J. B., Morello, C. D. L., Suassuna, N. D., and Oliveira, A. B. 2016. Mixed inheritance in the genetic control of ramulosis (*Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides*) resistance in cotton. *Embrapa Algodão-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Ricroch, A., Clairand, P., and Harwood, W. 2017. Use of CRISPR systems in plant genome editing: toward new opportunities in agriculture. *Emerging Topics in Life Sciences*, 1(2), 169-182.
- Shan, Q., Wang, Y., Li, J., Zhang, Y., Chen, K., Liang, Z., ... and Gao, C. 2013. Targeted genome modification of crop plants using a CRISPR-Cas system. *Nature biotechnology*, 31(8), 686-688.
- Shan, Q., Wang, Y., Li, J., and Gao, C. 2014. Genome editing in rice and wheat using the CRISPR/Cas system. *Nature protocols*, 9(10), 2395-2410.
- Shen, L., Hua, Y., Fu, Y., Li, J., Liu, Q., Jiao, X., ... and Wang, K. 2017. Rapid generation of genetic diversity by multiplex CRISPR/Cas9 genome editing in rice. *Science China Life Sciences*, 60(5), 506-515.
- Shimatani, Z., Kashojiya, S., Takayama, M., Terada, R., Arazoe, T., Ishii, H., ... and Ezura, H. 2017. Targeted base editing in rice and tomato using a CRISPR-Cas9 cytidine deaminase fusion. *Nature biotechnology*, 35(5), 441-443.
- Stephens, J., and Barakate, A. 2017. Gene editing technologies—ZFNs, TALENs, and CRISPR/Cas9.
- Svitashev, S., Young, J. K., Schwartz, C., Gao, H., Falco, S. C., and Cigan, A. M. 2015. Targeted mutagenesis, precise gene editing, and site-specific gene insertion in maize using Cas9 and guide RNA. *Plant physiology*, 169(2), 931-945.
- Voytas, D. F. 2013. Plant genome engineering with sequence-specific nucleases. *Annual review of plant biology*, 64.
- Waltz, E. 2018. With a free pass, CRISPR-edited plants reach market in record time. *Nature Biotechnology*, 36(1), 6-8.
- Wang, W., Pan, Q., He, F., Akhunova, A., Chao, S., Trick, H., and Akhunov, E. 2018. Transgenerational CRISPR-Cas9 activity facilitates multiplex gene

- editing in allopolyploid wheat. *The CRISPR journal*, 1(1), 65-74.
- Wang, Y., Cheng, X., Shan, Q., Zhang, Y., Liu, J., Gao, C., and Qiu, J. L. 2014. Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew. *Nature biotechnology*, 32(9), 947-951.
- Wang, Z. P., Xing, H. L., Dong, L., Zhang, H. Y., Han, C. Y., Wang, X. C., and Chen, Q. J. 2015. Egg cell-specific promoter-controlled CRISPR/Cas9 efficiently generates homozygous mutants for multiple target genes in *Arabidopsis* in a single generation. *Genome biology*, 16(1), 144.
- Wong, G. K. S., Wang, J., Tao, L., Tan, J., Zhang, J., Passey, D. A., and Yu, J. 2002. Compositional gradients in Gramineae genes. *Genome research*, 12(6), 851-856.
- Xie, K., and Yang, Y. 2013. RNA-guided genome editing in plants using a CRISPR-Cas system. *Molecular plant*, 6(6), 1975-1983.
- Xing, H. L., Dong, L., Wang, Z. P., Zhang, H. Y., Han, C. Y., Liu, B., ... and Chen, Q. J. 2014. A CRISPR/Cas9 toolkit for multiplex genome editing in plants. *BMC plant biology*, 14(1), 327.
- Yin, K., Han, T., Liu, G., Chen, T., Wang, Y., Yu, A. Y. L., & Liu, Y. 2015. A geminivirus-based guide RNA delivery system for CRISPR/Cas9 mediated plant genome editing. *Scientific reports*, 5, 14926.
- Zhang, Z., Mao, Y., Ha, S., Liu, W., Botella, J. R., and Zhu, J. K. 2016. A multiplex CRISPR/Cas9 platform for fast and efficient editing of multiple genes in *Arabidopsis*. *Plant cell reports*, 35(7), 1519-1533.
- Zhang, Z., Ge, X., Luo, X., Wang, P., Fan, Q., Hu, G., ... and Wu, J. 2018. Simultaneous editing of two copies of *Gh14-3-3d* confers enhanced transgene-clean plant defense against *Verticillium dahliae* in allotetraploid upland cotton. *Frontiers in plant science*, 9, 842.
- Zhou, H., Liu, B., Weeks, D. P., Spalding, M. H., and Yang, B. 2014. Large chromosomal deletions and heritable small genetic changes induced by CRISPR/Cas9 in rice. *Nucleic acids research*, 42(17), 10903-10914.
- Zong, Y., Wang, Y., Li, C., Zhang, R., Chen, K., Ran, Y., ... and Gao, C. 2017. Precise base editing in rice, wheat and maize with a Cas9-cytidine deaminase fusion. *Nature biotechnology*, 35(5), 438.